

# 4<sup>o</sup> Baissons la chaleur

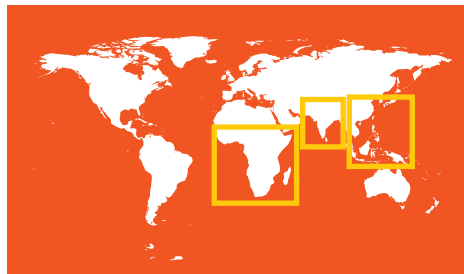
**Phénomènes climatiques extrêmes,  
impacts régionaux et plaidoyer  
en faveur de l'adaptation**





# 4<sup>o</sup> la Baissons chaleur

**Phénomènes climatiques extrêmes,  
impacts régionaux et plaidoyer  
en faveur de l'adaptation**



**Juin 2013**

Rapport préparé pour  
la Banque mondiale par  
le Potsdam Institute for  
Climate Impact Research  
et Climate Analytics



© 2013 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank  
1818 H Street NW  
Washington DC 20433  
Telephone: 202-473-1000  
Internet: [www.worldbank.org](http://www.worldbank.org)

This report was prepared for the World Bank by the Potsdam Institute for Climate Impact Research and Climate Analytics. The findings, interpretations, and conclusions expressed in this work do not necessarily reflect the views of The World Bank, its Board of Executive Directors, or the governments they represent.

The World Bank does not guarantee the accuracy of the data included in this commissioned work. The boundaries, colors, denominations, and other information shown on any map in this work do not imply any judgment on the part of The World Bank concerning the legal status of any territory or the endorsement or acceptance of such boundaries.

#### Rights and Permissions

The material in this work is subject to copyright. Because the World Bank encourages dissemination of its knowledge, this work may be reproduced, in whole or in part, for noncommercial purposes as long as full attribution to this work is given.

Any queries on rights and licenses, including subsidiary rights, should be addressed to the Office of the Publisher, The World Bank, 1818 H Street NW, Washington, DC 20433, USA; fax: 202-522-2422; e-mail: [pubrights@worldbank.org](mailto:pubrights@worldbank.org).

# Table des matières

---

<b>Remerciements</b>	<b>v</b>
<b>Avant-propos</b>	<b>vii</b>
<b>Résumé analytique</b>	<b>1</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>21</b>
<b>Glossaire</b>	<b>23</b>

## **Figures**

1.	Hausse prévue du niveau de la mer et vagues de chaleur sur les zones terrestres pendant les étés de l'hémisphère nord dans un monde à + 2 °C (carte du haut) et à + 4 °C (carte du bas)	2
2.	Effets anticipés du changement climatique sur l'indice d'aridité annuel en Afrique subsaharienne	5
3.	Impact prévu du changement climatique sur les récifs coralliens en Asie du Sud-Est	8
4.	Effets anticipés du changement climatique sur les précipitations annuelles, celles de la saison des pluies et celles de la saison sèche en Asie du Sud	9

## **Tableaux**

1.	Effets du changement climatique en Afrique subsaharienne	14
2.	Effets du changement climatique en Asie du Sud-Est	15
3.	Effets du changement climatique en Asie du Sud	17

## **Encadrés**

1.	Points de non-retour, réactions en chaîne et conséquences pour le développement humain dans les diverses régions étudiées	11
2.	Les zones urbaines : nouveaux pôles de vulnérabilité	13



## Remerciements

---

Le rapport « *Baissons la chaleur : phénomènes climatiques extrêmes, impacts régionaux et plaider en faveur de l'adaptation* » est le fruit des contributions d'un large éventail de spécialistes internationaux. Il fait suite au rapport intitulé « *Turn Down The Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided [Baissons la chaleur : pourquoi il faut absolument éviter une élévation de 4°C de la température de la planète]* », publié en novembre 2012. Nous tenons à remercier tous ceux qui ont contribué à l'enrichir et à lui donner une dimension multidisciplinaire.

Le rapport a été rédigé par une équipe du Postdam Institute for Climate Impact Research et de Climate Analytics composée de Hans Joachim Schellnhuber, Bill Hare, Olivia Serdeczny, Michiel Schaeffer, Sophie Adams, Florent Baarsch, Susanne Schwan, Dim Coumou, Alexander Robinson, Marion Vieweg, Franziska Piontek, Reik Donner, Jakob Runge, Kira Rehfeld, Joeri Rogelj, Mahé Perette, Arathy Menon, Carl-Friedrich Schleussner, Alberte Bondeau, Anastasia Svirejeva-Hopkins, Jacob Schewe, Katja Frieler, Lila Warszawski et Marcia Rocha.

Les projections ISI-MIP ont été réalisées par les groupes de modélisation des institutions suivantes : ORCHIDÉE<sup>1</sup> (Institut Pierre Simon Laplace, France); JULES (Centre for Ecology and Hydrology du Royaume-Uni ; Centre Hadley du Bureau de la météorologie du Royaume-Uni ; University of Exeter, Royaume-Uni); VIC (Direction nationale des ressources en eau et de l'énergie, Norvège ; Wageningen University, Pays-Bas) ; H08 (Institut national des études environnementales, Japon) ; WaterGAP (Universität Kassel, Allemagne ; Universität Frankfurt, Allemagne) ; MacPDM (University of Reading, Royaume-Uni; University of Nottingham, Royaume-Uni) ; WBM (City University of New York, États-Unis); MPI-HM (Institut Max-Planck de météorologie, Allemagne) ; PCR-GLOBWB (Université d'Utrecht, Pays-Bas); DBH (Académie des sciences de Chine, Chine) ; MATSIRO (Université de Tokyo, Japon); Hybrid (University of Cambridge, Royaume-Uni) ; Sheffield DGVM (University of Sheffield, Royaume-Uni ; University of Bristol, Royaume-Uni) ; JeDi (Institut Max-Planck de biogéochimie, Allemagne) ; ANTHRO-BGC (Humboldt-Universität zu Berlin, Allemagne; Centre de recherche de Leibniz sur le paysage agricole, Allemagne) ; VISIT (Institut national des études environnementales, Japon) ; GEPIC (Eawag, Suisse); EPIC (Université des Ressources naturelles et des Sciences de la Vie, Vienne, Autriche) ; pDSSAT (University of Chicago, États-Unis) ; DAYCENT (Colorado State University, États-Unis); IMAGE (Agence d'évaluation environnementale des Pays-Bas – PBL) ; PEGASUS (Tyndall Centre, University of East Anglia, Royaume-Uni); LPJ-GUESS (Lunds Universitet, Suède); MAGPIE (Potsdam Institute, Allemagne); GLOBIOM (Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués, Autriche); IMPACT (International Food Policy Research Institute, États-Unis; International Livestock Research Institute, Kenya); DIVA (Global Climate Forum, Allemagne); MARA (London School of Hygiene and Tropical

---

<sup>1</sup> On trouvera à l'annexe 2 du rapport intégral la liste complète des groupes de modélisation ISI-MIP.

Medicine, Royaume-Uni); OMS CRCA paludisme (Umea University, Suède); LMM 2005 (The University of Liverpool, Royaume-Uni); MIASMA (Université de Maastricht, Pays-Bas) ; VECTRI (Centre international Abdus Salam de physique théorique, Italie).

Le rapport a été commandé par l'Équipe mondiale d'experts pour l'adaptation au changement climatique de la Banque mondiale et le Département des politiques et financements climatiques. L'équipe de la Banque mondiale, dirigée par Kanta Kumari Rigaud et Erick Fernandes et placée sous la supervision de Jane Ebinger, a travaillé en étroite collaboration avec le Potsdam Institute for Climate Impact Research et Climate Analytics. Elle était composée de Raffaello Cervigni, Nancy Chaarani Meza, Charles Joseph Cormier, Christophe Crepin, Richard Damania, Ian Lloyd, Muthukumara Mani et Alan Miller. Robert Bisset, Jayna Desai et Venkat Gopalakrishnan se sont chargé des contacts avec les partenaires, la communauté scientifique et les médias. Patricia Braxton et Perpetual Boateng ont apporté un soutien précieux à l'équipe.

Rosina Bierbaum (University of Michigan) et Michael MacCracken (Climate Institute, Washington DC) ont assuré la surveillance scientifique des travaux, qui ont par ailleurs bénéficié des commentaires éclairés des scientifiques qui ont assuré la relecture par les pairs. À ce titre nous souhaitons remercier Pramod Aggarwal, Seleshi Bekele, Qamar uz Zaman Chaudhry, Brahma Chellaney, Robert Correll, Jan Dell, Christopher Field, Andrew Friend, Dieter Gerten, Felina Lansigan, Thomas Lovejoy, Anthony McMichael, Danielle Nierenberg, Ian Noble, Rajendra Kumar Pachauri, Anand Patwardhan, Mark Pelling, Thomas Peterson, Mark Tadross, Kevin Trenberth, Tran Thuc, Abdrahmane Wane et Robert Watson.

Rachel Kyte, Mary Barton-Dock, Fionna Douglas, John Roome, Jamal Saghir et John Stein ont efficacement supervisé et guidé les travaux avec l'aide de Zoubida Allaoua, Magdolna Lovei, Iain Shuker, Bernice Van Bronkhorst et Juergen Voegelé.

Nous remercions les collègues de la Banque mondiale pour leur concours : Herbert Acquay, Kazi Ahmed, Asad Alam, Preeti Arora, Rachid Benmessaoud, Sofia Bettencourt, Anthony Bigio, Patricia Bliss-Guest, Ademola Braimoh, Henrike Brecht, Haleh Bridi, Adam Broadfoot, Penelope Brook, Timothy Brown, Ana Bucher, Guang Chen, Constantine Chikosi, Kenneth Chomitz, Christopher Delgado, Ousmane Diagana, Ousmane Dione, Inguna Dobraja, Philippe Dongier, Franz Dress-Gross, Julia Fraser, Kathryn Funk, Habiba Gitay, Olivier Godron, Gloria Grandolini, Poonam Gupta, Stephane Hallegatte, Valerie Hickey, Tomoko Hirata, Waraporn Hirunwatsiri, Bert Hofman, Kathryn Hollifield, Andras Horvai, Ross Hughes, Steven Jaffee, Denis Jordy, Christina Leb, Jeffrey Lecksell, Mark Lundell, Henriette von Kaltenborn-Stachau, Isabelle Celine Kane, Stefan Koeberle, Jolanta Kryspin-Watson, Sergiy Kulyk, Andrea Kutter, Victoria Kwakwa, Marie-Francoise Marie-Nelly, Lasse Melgaard, Juan Carlos Mendoza, Deepak Mishra, John Nash, Moustapha Ndiave, Dzung Huy Nguyen, Iretomiwa Olatunji, Eustache Ouayoro, Doina Petrescu, Christoph Pusch, Madhu Raghunath, Robert Reid, Paola Ridolfi, Onno Ruhl, Michal Rutkowski, Jason Russ, Maria Sarraf, Robert Saum, Tahseen Sayed, Jordan Schwartz, Animesh Shrivastava, Stefanie Sieber, Benedikt Signer, Alanna Simpson, Joop Stoutjesdijk, Madani Tall, Mike Toman, David Olivier Treguer, Ivan Velev, Catherine Vidar, Debbie Wetzel, Gregory Wlosinski, Johannes Woelcke, Gregor Wolf et Winston Yu.

Nous sommes reconnaissants au Climate and Development Knowledge Network (CDKN), au Dispositif mondial de réduction des effets des catastrophes et de relèvement (GFDRR), aux Fonds d'investissement climatiques (CIF) et à Connect4Climate (C4C) qui ont contribué à la production de ce rapport et des supports de communication y afférents.



## Avant-propos

---

Le Groupe de la Banque mondiale a pour mission d'éliminer la pauvreté extrême et de construire une prospérité partagée. Nous avons aujourd'hui toutes les raisons de croire qu'il nous sera possible d'éliminer la pauvreté extrême d'ici 2030. Cependant, nous devons pour cela nous attaquer au problème du changement climatique.

Notre premier rapport intitulé « *Turn Down the Heat* », publié l'an dernier, a conclu que si nous ne réussissons pas dès maintenant à engager une action concertée, le monde pourrait bien connaître une élévation de la température moyenne de 4 °C d'ici la fin du siècle.

Le présent rapport décrit un scénario inquiétant pour les jours et les années à venir. Les scientifiques nous disent qu'un monde à + 2 °C — quelque chose qui risque d'arriver d'ici 20 à 30 ans — connaîtra des pénuries alimentaires généralisées, des vagues de chaleur sans précédent et des cyclones plus intenses. À plus court terme, le changement climatique, un phénomène qui nous menace déjà, pourrait accroître encore la misère des pauvres des bidonvilles et ruiner la vie et les rêves de personnes et de familles qui ont très peu contribué au réchauffement planétaire.

Nous vivons aujourd'hui dans un monde à + 0,8 °C par rapport aux niveaux préindustriels du XVIII<sup>e</sup> siècle. Le réchauffement planétaire pourrait atteindre 2 °C en l'espace d'une génération.

Le rapport « *Turn Down the Heat* » avait sonné l'alarme. La présente analyse scientifique examine d'une manière plus approfondie comment les conséquences négatives du changement climatique déjà en cours pourraient engendrer des conditions catastrophiques, en particulier pour ceux qui sont les moins à même de s'adapter. Ce sont les plus pauvres qui, de plus en plus, risquent d'être touchés le plus durement.

Pour préparer le présent rapport, nous avons une fois de plus fait appel aux scientifiques du Potsdam Institute for Climate Impact Research et de Climate Analytics. Cette fois-ci, nous leur avons demandé de porter une attention spéciale aux zones tropicales, et de préparer des prévisions climatiques fondées sur les meilleures données disponibles et des simulations réalisées par des moyens informatiques perfectionnés.

Le présent rapport met donc l'accent sur l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud-Est et l'Asie du Sud. Il examine en détail les répercussions que pourraient avoir sur les populations de ces régions les effets du réchauffement planétaire actuel et d'un réchauffement de 2 ou de 4 °C sur des secteurs critiques comme la production agricole, les ressources hydriques, les écosystèmes côtiers et les villes.

Les chercheurs dressent le portrait effrayant d'un monde aux prises avec des phénomènes climatiques extrêmes semant la dévastation et la misère. Dans beaucoup de cas, les vagues de chaleur extrême, l'élévation du niveau de la mer, les tempêtes de plus grande intensité, les sécheresses et les inondations menaceront les populations les plus pauvres et les plus vulnérables du monde.

En Afrique subsaharienne, les réductions importantes du rendement des cultures causées par un réchauffement de 2 °C risquent d'avoir de graves répercussions sur la sécurité alimentaire, tandis que les

températures de plus en plus chaudes risquent de réduire sensiblement la superficie des savanes herbeuses et de menacer ainsi les moyens d'existence des populations pastorales. En Asie du sud, les perturbations prévues du régime de mousson et la hausse des températures de pointe font peser une grave menace sur les ressources en eau et en aliments. La sécurité énergétique est elle aussi menacée. Enfin, dans toute l'Asie du Sud-Est, les moyens d'existence des populations rurales risquent de subir des pressions de plus en plus fortes à mesure que le niveau de la mer s'élève, que les cyclones tropicaux gagnent en intensité et que des écosystèmes marins importants et les services qu'ils procurent disparaissent à l'approche du seuil de + 4 °C.

Dans toutes les régions, le déplacement prévisible vers les centres urbains des collectivités dépouillées de leurs moyens d'existence risque d'augmenter sans cesse le nombre de personnes vivant dans des logements de fortune et exposées aux vagues de chaleur, aux inondations et aux maladies.

La nécessité d'une meilleure adaptation n'a jamais été aussi évidente.

Le présent rapport exige que l'on passe à l'action. Il insiste sur la grave menace que fait peser le changement climatique sur le développement économique et les efforts de lutte contre la pauvreté.

Selon le Groupe de la Banque mondiale, si le monde néglige de prendre dès maintenant des mesures énergiques pour empêcher un réchauffement planétaire catastrophique, l'accession à la prospérité de millions d'habitants des pays en développement sera compromise, et les efforts de développement durable déployés depuis des décennies seront remis en cause.

Nous nous employons en conséquence à intensifier notre travail d'atténuation, d'adaptation et de gestion des risques de catastrophe, et à placer de plus en plus les préoccupations climatiques au cœur de nos interventions.

Cependant, nous savons que nous ne pourrons pas parvenir seuls aux résultats requis ; nous devons encourager d'autres intervenants à proposer des idées audacieuses et à intervenir dans les domaines où cela peut faire le plus de différence.

Je ne crois pas que les répercussions envisagées par les scientifiques sur les moyens d'existence des pauvres sont inévitables. Je reste au contraire convaincu que nous pouvons réduire la pauvreté même dans un monde aux prises avec les sérieux défis du changement climatique.

Nous pouvons contribuer à rendre les villes moins polluées et mieux adaptées à la modification du climat, élaborer des méthodes d'agriculture à l'épreuve du changement climatique, et trouver des moyens novateurs pour améliorer le rendement énergétique et la performance des systèmes basés sur les énergies renouvelables. Nous pouvons collaborer avec les pays à l'élimination progressive des subventions aux combustibles fossiles et à la mise en place de politiques qui conduiront, à terme, à une stabilisation du prix du carbone.

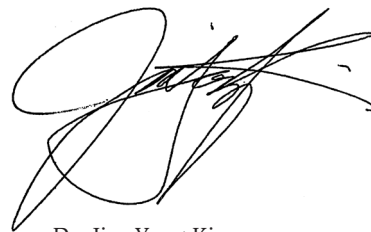
Nous sommes déterminés à travailler avec les pays à la recherche de solutions. Les données scientifiques sont incontournables : rien ne saurait remplacer la mise en place d'objectifs nationaux rigoureux de réduction des émissions.

Le fardeau de la réduction des émissions repose aujourd'hui sur quelques pays avancés. Ces pays ne sont pas tous des clients du Groupe de la Banque mondiale, mais tous partagent le même engagement à faire reculer la pauvreté.

J'espère que le présent rapport contribuera à convaincre tout le monde que les avantages d'une intervention vigoureuse et rapide pour lutter contre le changement climatique en valent largement la chandelle.

Le réchauffement planétaire fragilise notre avenir. Nous devons relever ce défi en faisant preuve de volonté politique, d'intelligence et d'invention. C'est ainsi que nous pourrons créer des sociétés qui soulagent la misère d'autrui, aident les pauvres à échapper à la pauvreté et permettent à tous, jeunes et vieux, de jouir de meilleures conditions d'existence.

Joignez-vous à nous pour faire de ce souhait une réalité. Les succès que nous remporterons et les échecs que nous subirons dans cette lutte contribueront à définir notre génération.

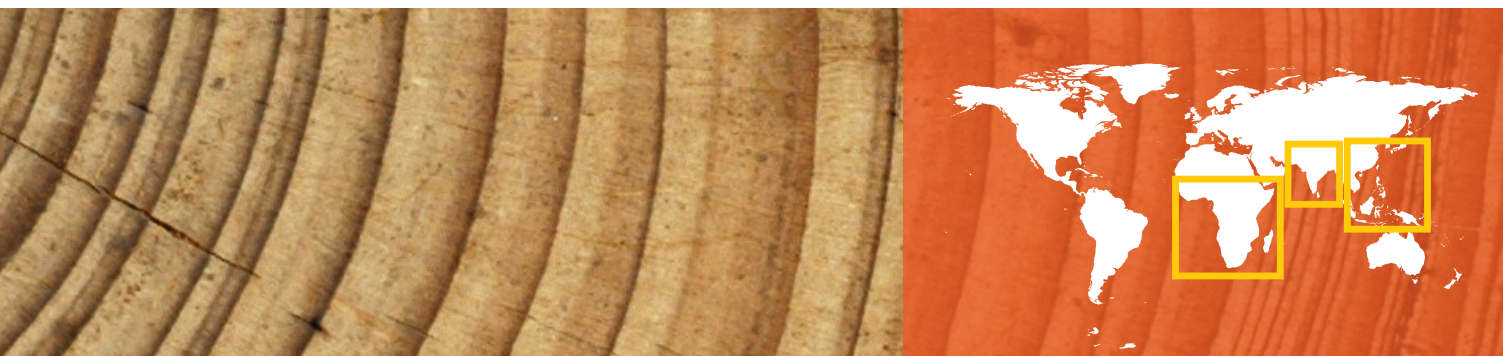
A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, characteristic of Dr. Jim Yong Kim's signature.

Dr. Jim Yong Kim

Président, Groupe de la Banque mondiale

# Résumé analytique





## Résumé analytique

Le présent rapport se penche sur les risques que fait peser le changement climatique sur le développement de l'Afrique subsaharienne, de l'Asie du Sud-Est et de l'Asie du Sud. S'inspirant du rapport de 2012 intitulé « *Turn Down The Heat: Why a 4°C warmer world must be avoided* »<sup>1</sup>, cette nouvelle analyse scientifique examine les impacts probables des conditions climatiques actuelles et d'une élévation de 2 ou de 4 °C de la température de la planète sur la production agricole, les ressources hydriques et la vulnérabilité des côtes pour les populations touchées. Il constate que de nombreux effets mesurables sur le climat et le développement s'observent déjà dans certaines régions et que dans certains cas, les vagues de chaleur extrême, l'élévation du niveau de la mer, des tempêtes de plus grande intensité, des sécheresses et des inondations menacent les populations les plus pauvres du monde. Des phénomènes climatiques extrêmes risquent d'enfoncer des ménages dans la pauvreté. Les pointes de températures extrêmement chaudes risquent de nuire à la production du riz, du blé, du maïs et d'autres cultures importantes, et de menacer ainsi la sécurité alimentaire des populations. Les efforts de promotion de la croissance économique et de lutte contre la pauvreté et les inégalités se heurteront ainsi à des obstacles grandissants sous l'effet des changements climatiques à venir. Des mesures immédiates sont requises pour aider les pays à s'adapter à la menace que fait déjà peser sur eux le réchauffement actuel de 0,8 °C, mais il est toujours possible, en menant des actions ambitieuses à l'échelle mondiale, de réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'éviter ainsi les pires impacts prévisibles en maintenant le réchauffement planétaire en deçà de 2 °C.

### Portée du rapport

Le rapport de novembre 2012, « *Turn Down the Heat* », a conclu que le réchauffement planétaire, l'élévation du niveau de la mer, l'intensité plus forte des cyclones tropicaux, le temps aride et les épisodes de sécheresse auront probablement des effets proportionnellement plus catastrophiques dans les pays en développement situés en zones équatoriales que dans les pays situés sous les plus hautes latitudes. Le présent rapport complète les analyses antérieures en mettant l'accent sur les risques que fait peser le changement climatique sur le développement dans trois régions critiques du monde : l'Afrique subsaharienne, l'Asie du Sud-Est et l'Asie du Sud.

Le rapport se penche sur un éventail de secteurs, mais il insiste particulièrement sur l'aggravation probable des effets

du changement climatique sur la production agricole, les ressources hydriques, la pêche côtière et la sécurité des côtes à mesure que le réchauffement planétaire passe du niveau actuel de 0,8 °C à 1,5, 2 et 4 °C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle. Il décrit la gamme des impacts que subissent déjà la plupart des pays en développement et ceux auxquels ces pays risquent d'être exposés à l'avenir, et explique comment ces risques et ces perturbations risquent d'avoir des effets différents dans d'autres régions du monde. La figure 1 présente des projections de l'augmentation des températures et de l'élévation du niveau de la mer que pourrait engendrer une élévation de la température planétaire de 2 et de 4 °C.

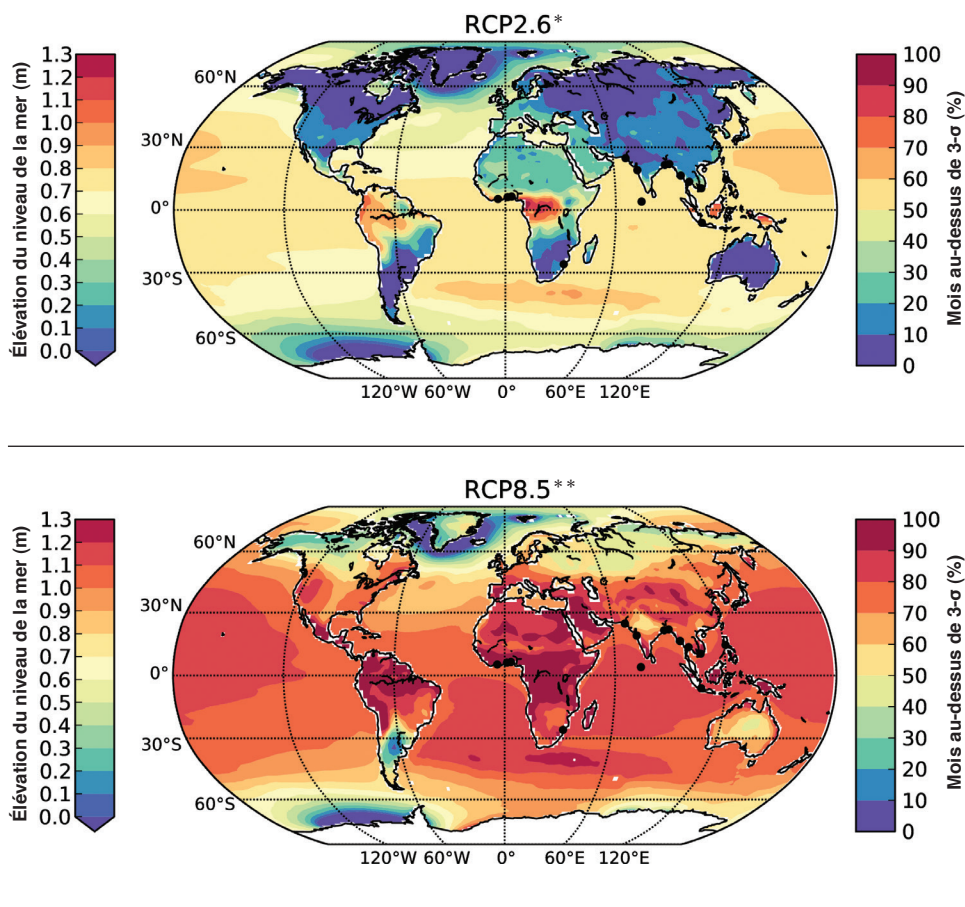
<sup>1</sup> « Baissons la chaleur : pourquoi il faut absolument éviter une élévation de 4°C de la température de la planète », publié par la Banque mondiale en novembre 2012.

## Situation globale

Des études scientifiques publiées depuis la parution du rapport « Turn Down the Heat » donnent à penser que compte tenu des émissions de gaz à effet de serre (GES) mesurées récemment et des

tendances qu'elles affichent, ces émissions pourraient atteindre au cours du XXI<sup>e</sup> siècle des niveaux plus élevés que ce qu'on prévoyait antérieurement. Dans ces conditions, et à défaut d'actions à court terme et de nouveaux engagements pour la réduction des émissions, la probabilité d'atteindre ou même de dépasser le seuil

**Figure 1** Hausse prévue du niveau de la mer et vagues de chaleur sur les zones terrestres pendant les étés de l'hémisphère nord dans un monde à + 2 °C (carte du haut) et à + 4 °C (carte du bas)



**Dans un monde à + 2 °C**, l'élévation du niveau de la mer devrait demeurer inférieure à 70 cm (en jaune sur les océans), et la probabilité de vagues de chaleur estivales sans précédent s'établit à moins de 30 % (en bleu/pourpre sur les zones terrestres)

**Dans un monde à + 4 °C**, l'élévation du niveau de la mer devrait être supérieure à 100 cm (en orange sur les océans), et la probabilité de vagues de chaleur estivales sans précédent s'établit à plus de 60 % (en orange/rouge sur les zones terrestres)

\*Scénario RCP2.6 du rapport AR5 du GIEC visant à limiter l'augmentation de la température moyenne globale à + 2°C par rapport à la période préindustrielle.

\*\*Scénario RCP8.5 du rapport AR5 du GIEC représentatif d'une situation caractérisée par l'absence d'une politique climatique de base et par des émissions de GES comparativement élevées. Dans le présent rapport, ce scénario RCP8.5 est celui d'un monde à + 4°C par rapport à la période préindustrielle.

de + 4 °C augmentera. Le présent rapport rappelle l'évaluation de l'Agence internationale de l'énergie réalisée en 2012 selon laquelle l'absence de mesures d'atténuation plus rigoureuses augmenterait de 40 % le risque de dépassement du seuil de réchauffement de 4 °C d'ici 2100, et de 10 % le risque d'un réchauffement planétaire supérieur à 5 °C pendant la même période.

Le scénario d'un réchauffement de 4 °C ne doit pas amener à croire que la température moyenne globale se stabilisera à ce niveau ; il signifie au contraire qu'on assistera très vraisemblablement à des hausses supplémentaires de la température et du niveau de la mer au cours du XXII<sup>e</sup> siècle. De plus, même au niveau actuel de réchauffement de 0,8 °C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle, les répercussions observées du changement climatique sont graves et démontrent la mesure dans laquelle les activités humaines peuvent modifier l'environnement naturel dont nous dépendons tous pour notre subsistance.

Les données sur l'évolution prévue du climat et ses répercussions sont établies à l'aide d'une combinaison de modèles climatiques plus ou moins complexes, y compris le modèle de pointe CMIP5 (5<sup>e</sup> phase du projet d'intercomparaison de modèles couplés), des modèles semi-empiriques, le « modèle climatique simplifié » (SCM), le Modèle pour l'évaluation des impacts des GES sur le changement du climat (MAGICC ; voir annexe 1 du rapport intégral), et d'une synthèse de documents scientifiques validés par un collègue de spécialistes.

## Principales conclusions issues des diverses régions

La manifestation précoce des impacts climatiques, leur répartition inégale entre les diverses régions et les effets en cascade engendrés par leurs interactions comptent parmi les principaux enjeux examinés dans le présent rapport. Par exemple :

1. On s'attend à observer des **vagues de chaleur exceptionnelles et sans précédent**<sup>2</sup> beaucoup plus fréquentes et d'une ampleur beaucoup plus vaste sur les zones terrestres, tant à l'échelle mondiale que dans les trois régions étudiées. Par exemple, les pointes de chaleur extrême devraient augmenter sensiblement à court terme en Asie du Sud-Est, et entraîner des effets néfastes importants sur les humains et les écosystèmes de la région quel que soit le scénario retenu (+ 2 ou + 4 °C).
2. **Variations des régimes de précipitations et de la disponibilité des ressources en eau** : Même en l'absence de tout changement climatique, la croissance démographique risque à elle seule à l'avenir d'exercer des pressions sur les ressources hydriques dans beaucoup de régions. Cependant, compte tenu de l'évolution prévue du climat, ces pressions pourraient augmenter sensiblement.
  - La disponibilité des ressources en eau pourrait baisser de 20 % dans beaucoup de régions avec un réchauffement planétaire de 2 °C, et baisser de 50 % dans certaines régions avec un réchauffement de 4 °C. En limitant le réchauffement à 2 °C, on limiterait à 20 % la proportion de la population mondiale exposée à une baisse de la disponibilité des ressources en eau.
  - Les populations d'Asie du Sud risquent de devenir de plus en plus vulnérables à la variabilité grandissante des précipitations qui, combinée aux perturbations du système de mousson et aux pointes de températures de plus en plus élevées, pourrait faire peser une menace grave sur les ressources en eau et en aliments.
3. **Rendements agricoles et qualité nutritive** : Les systèmes de production agricole seront soumis à l'avenir à des pressions de plus en plus fortes pour répondre à la demande mondiale croissante. Le réchauffement actuel de 0,8 °C a déjà des répercussions mesurables sur les rendements des cultures.
  - Bien que les projections varient et restent incertaines, on commence à observer les effets inquiétants de variations des seuils de températures sur les rendements de cultures importantes, et les améliorations apportées aux rendements agricoles semblent avoir été annulées ou limitées par le réchauffement observé (0,8 °C) dans plusieurs régions. Des données empiriques tendent par ailleurs à indiquer qu'une hausse des concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> pourrait réduire les teneurs en protéines de certaines céréales.
  - Dans les régions qui font l'objet du présent rapport, un réchauffement planétaire supérieur à 1,5–2 °C augmente le risque d'une baisse des rendements agricoles et de pertes de production en Afrique subsaharienne, en Asie du Sud-Est et en Asie du Sud. Ces impacts auraient de profondes répercussions sur la sécurité alimentaire des pays de ces régions et pourraient avoir une incidence négative sur la croissance économique et la réduction de la pauvreté dans ces pays.

<sup>2</sup> Dans le présent rapport, les vagues de chaleur « exceptionnelles » et « sans précédent » sont définies à l'aide des seuils établis à partir de la variabilité historique du climat local actuel. Le niveau absolu du seuil dépend ainsi de la variabilité annuelle naturelle observée pendant la période de référence (1951–1980), définie par la valeur de l'écart-type (*sigma*). Les vagues de chaleur « exceptionnelles » sont notées 3 *sigma*. Compte tenu d'une distribution normale, les événements 3 *sigma* ont une période de récurrence de 740 ans. Les vagues de chaleur qui ont frappé les États-Unis en 2012 et la Russie en 2010 ont été notées 3 *sigma*. Les vagues de chaleur « sans précédent » sont des événements notés 5 *sigma* ; elles ont une période de récurrence de plusieurs millions d'années. On prévoit que de tels événements, qui ne se sont presque certainement jamais produits dans le passé, pourraient survenir au cours des prochaines décennies. Voir également le chapitre 2 (encadré 2.2).

4. **Écosystèmes terrestres** : Le réchauffement planétaire pourrait provoquer des perturbations des écosystèmes, modifier la composition des espèces et même conduire à la disparition de certaines d'entre elles.

- D'ici aux années 2030 (avec un réchauffement de 1,2–1,3 °C), certains écosystèmes africains, par exemple, devraient être exposés à des conditions extrêmes de températures dépassant de loin la gamme des températures observées actuellement, et ces conditions pourraient s'étendre à l'ensemble des écorégions africaines d'ici 2070 (réchauffement de 2,1–2,7 °C).
- La composition des espèces végétales dans les écosystèmes de savane devrait évoluer, les plantes ligneuses remplaçant graduellement les herbacées sous l'effet d'une hausse de la concentration atmosphérique de CO<sub>2</sub>, bien qu'une hausse des températures et un déficit de précipitations risquent de neutraliser cet effet. Cette évolution réduira les volumes disponibles de fourrage pour le bétail et exercera des pressions néfastes sur les systèmes pastoraux et les moyens de subsistance des populations qui en dépendent.

5. La **montée du niveau des océans** a été plus rapide que prévu antérieurement, et les émissions produites jusqu'à ce jour risquent d'entraîner une hausse pouvant atteindre jusqu'à 50 cm d'ici aux années 2050. En limitant le réchauffement à 2 °C, il est possible qu'on arrive à limiter la montée du niveau des océans à environ 70 cm d'ici à 2100.

- La montée du niveau des océans risque d'atteindre 100 cm si les émissions continuent d'augmenter pour provoquer une hausse de la température moyenne globale de 4 °C d'ici 2100 et un dépassement de ce seuil par la suite. Bien qu'on puisse désormais établir un lien entre la montée rapide et inattendue des récentes décennies et la fonte accélérée des glaces des calottes glacières du Groenland et de l'Antarctique, une grande incertitude persiste quant à la vitesse et à l'ampleur futures de l'élévation du niveau des océans.
- L'élévation du niveau de la mer en zones équatoriales devrait être supérieure à la moyenne mondiale de 100 cm à la fin du présent siècle. En Asie du Sud-Est, par exemple, elle devrait dépasser cette moyenne mondiale de 10 à 15 %. Ce phénomène, combiné aux marées de tempête et à la fréquence accrue des cyclones tropicaux, risque d'avoir des effets catastrophiques sur les systèmes côtiers.

6. **Écosystèmes marins** : Les effets combinés du réchauffement et de l'acidification des océans risquent d'endommager gravement les systèmes de récifs coralliens et de conduire

à une réduction de la production de poissons, à tout le moins à l'échelle régionale.

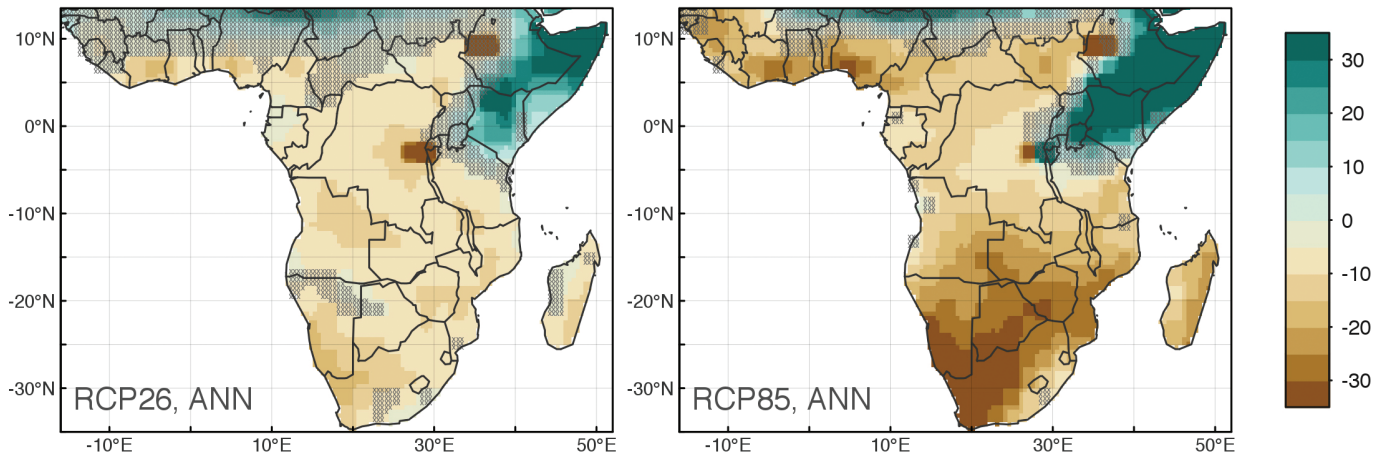
- On prévoit que les récifs coralliens seront sérieusement endommagés lorsque le réchauffement planétaire atteindra 1,5–2 °C sous le double effet du réchauffement et de l'acidification de l'eau, et que la plupart des récifs coralliens qui existent actuellement ne seront plus viables. La destruction devrait être presque totale lorsque le seuil de + 4 °C aura été atteint.
- Depuis le début de la révolution industrielle, le pH de l'eau à la surface des océans a subi une baisse de 0,1 unité. Étant donné que l'échelle de pH, comme l'échelle de Richter, est logarithmique, un tel changement représente une augmentation d'environ 30 % de l'acidité de l'eau. Les prévisions donnent à penser que l'acidité des océans continuera d'augmenter à mesure qu'ils continuent d'absorber du CO<sub>2</sub>. Les estimations des concentrations futures de CO<sub>2</sub> fondées sur le scénario du « statu quo » donnent à penser que d'ici la fin du présent siècle, l'acidité de l'eau à la surface des océans pourrait augmenter de près de 150 %, et atteindre des valeurs de pH inégales depuis plus de 20 millions d'années.

## Afrique subsaharienne : production alimentaire menacée

L'Afrique subsaharienne est une région de plus de 800 millions d'habitants qui connaît un développement rapide. Composée de 49 pays, elle se caractérise par une grande diversité écologique, climatique et culturelle. Sa population devrait atteindre près de 1,5 milliard d'habitants d'ici 2050.

La région est exposée à une gamme de risques climatiques qui pourraient avoir de profondes répercussions sur l'avenir des sociétés et des économies subsahariennes. Les risques sont graves et les dommages prévisibles sont importants même si le réchauffement est maintenu sous le seuil de 2 °C, et la situation ne fera que s'aggraver à mesure que la température augmente. L'agriculture, en très grande partie non irriguée, est une source essentielle de denrées alimentaires, de revenus et d'emplois en Afrique subsaharienne. Un monde à + 2 °C ferait peser une grande menace sur la production alimentaire régionale ; cette menace s'aggraverait encore si les mesures d'adaptation étaient insuffisantes et si l'effet fertilisant du CO<sub>2</sub> restait faible. On prévoit des vagues de chaleur sans précédent sur une proportion croissante du territoire à mesure que la température augmentera de + 2 à + 4 °C, ce qui entraînera des changements importants de la couverture végétale et menacera diverses espèces d'extinction. La chaleur et la sécheresse entraîneraient également de lourdes pertes de bétail qui se répercuteraient sur la viabilité des collectivités rurales.



**Figure 2** Effets anticipés du changement climatique sur l'indice d'aridité annuel en Afrique subsaharienne

Comparaison de la moyenne multi-modèle du pourcentage de changement de l'indice d'aridité annuel dans un monde à + 2 °C (à gauche) et à + 4 °C (à droite) en Afrique subsaharienne, en 2071–2099 et en 1951–1980. Dans les zones non hachurées, au moins 4 modèles sur 5 (80 %) concordent. Dans les zones hachurées, 2 modèles sur 5 (40 %) sont en désaccord. Noter qu'un changement négatif correspond à une aggravation de l'aridité. La situation reste empreinte d'incertitude en Afrique de l'Est, où les modèles climatiques régionaux tendent à montrer une augmentation des précipitations qui pourrait être liée à une baisse de l'indice d'aridité. Une baisse de l'aridité n'est pas nécessairement favorable à l'agriculture ou à l'élevage puisqu'elle risque de s'accompagner d'une hausse des risques d'inondations.

### Impacts physiques et biophysiques probables en fonction de l'évolution prévue du climat

- **Disponibilité de l'eau :** Dans un monde à + 2 °C, les différences qui existent actuellement entre les régions au chapitre de la disponibilité de l'eau pourraient s'accroître.
  - En Afrique australe, les précipitations annuelles devraient être réduites dans une proportion atteignant jusqu'à 30 % dans le scénario à + 4 °C, et certaines régions du sud et de l'ouest de l'Afrique pourraient subir une baisse des taux de réalimentation des nappes aquifères de 50 à 70 %. Ce changement pourrait conduire à une aggravation des risques de sécheresse en Afrique australe.
  - Un réchauffement important et des conditions de précipitations plus capricieuses en Afrique centrale devraient accroître les risques de sécheresse dans cette région.
  - Dans la Corne de l'Afrique et dans le nord de l'Afrique de l'Est, on observe des écarts importants entre les prévisions des modèles à haute résolution du changement climatique régional et mondial. Plusieurs modèles climatiques mondiaux prédisent une hausse des précipitations dans ces régions, ce qui pourrait les rendre un peu moins arides. Les hausses devraient survenir pendant les périodes de pluies plus intenses, plutôt que de se répartir uniformément sur toute l'année, ce qui augmente les risques d'inondations. Par contre, les modèles climatiques régionaux à haute résolution

laissent prévoir des conditions plus arides. Les recherches récentes indiquent que l'épisode de sécheresse qui a frappé la Corne de l'Afrique en 2011 et qui s'est avéré particulièrement grave au Kenya et en Somalie est compatible avec une probabilité accrue de longues périodes sans précipitations due à un changement climatique d'origine anthropique.

- **Tendances à la sécheresse prévues :** Les conditions arides devraient s'étendre à cause des changements des conditions de température et de précipitations, particulièrement en Afrique australe (figure 2). Dans un monde à + 4 °C, la superficie totale de zones arides et hyper-arides devrait s'étendre de 10 % comparativement à la période 1986–2005. Lorsque l'aridité augmente, les rendements des cultures risquent de diminuer à mesure que la saison de croissance végétale se raccourcit.

### Impacts sectoriels et thématiques

- **On prévoit que la production agricole sera perturbée à moyen terme** par les effets du réchauffement planétaire sur les conditions climatiques qui permettent d'assurer la production actuelle. La température moyenne annuelle dépasse déjà les valeurs optimales requises pour la production de blé pendant la saison de croissance sur une bonne partie de l'Afrique subsaharienne, et on a signalé des réductions non linéaires des rendements en maïs au-delà de certains seuils de température. On peut s'attendre à des effets sensibles bien avant

le milieu du siècle, même avec des niveaux de réchauffement relativement faibles. Par exemple, un réchauffement de 1,5 °C d'ici les années 2030 pourrait rendre impropres à la culture du maïs environ 40 % des superficies actuellement consacrées à la production des cultivars actuels de cette céréale. Il pourrait par ailleurs nuire sensiblement aux capacités de production du sorgho dans l'ouest du Sahel et en Afrique australe. Un réchauffement inférieur au seuil de 2 °C d'ici les années 2050 pourrait réduire de 10 % les productions végétales totales. Certains indices donnent par ailleurs à penser qu'un réchauffement supérieur à ce seuil pourrait entraîner des baisses du rendement global des cultures oscillant entre 15 et 20 % sur l'ensemble des régions productrices.

- **Les stratégies de diversification des cultures prendront une importance grandissante.** L'étude indique que la double culture est préférable à la monoculture sous des conditions climatiques variables. Les Africains utilisent depuis longtemps de telles stratégies de diversification des cultures ; ils disposent donc d'une base de connaissances robuste pour la transposition à plus grande échelle de telles pratiques culturelles.
- **Le nombre d'options envisageables pour la diversification des systèmes agropastoraux risque d'être réduit** (par exemple, adoption du sylvopastoralisme, production fourragère irriguée ou systèmes mixtes de culture et d'élevage) à mesure que le changement climatique réduit la capacité biotique des terres et la productivité animale. Par exemple, les pasteurs du sud de l'Éthiopie ont perdu près de 50 % de leurs bovins et environ 40 % de leurs moutons et de leurs chèvres à cause de la sécheresse entre 1995 et 1997.
- **L'évolution prévue des écosystèmes africains** pourrait entraîner une réduction de la superficie des prairies de la savane. Au moment d'atteindre le seuil de réchauffement planétaire de 3 °C, les savanes ne devraient plus couvrir que le septième environ de la superficie totale des terres, réduisant ainsi la disponibilité des fourrages pour les animaux brouteurs. Selon les projections actuelles, la composition des espèces des écosystèmes locaux risque de changer et d'influer négativement sur les stratégies de subsistance des collectivités qui en dépendent.
- **Le changement climatique risque d'influer sensiblement sur la santé des populations.** Les taux de malnutrition sont déjà élevés, variant entre 15 et 65 % selon la sous-région. Or, un réchauffement de 1,2–1,9 °C d'ici 2050 pourrait faire augmenter de 25–90 % la proportion des populations sous-alimentées par rapport à la situation actuelle. D'autres incidences sont également à prévoir, y compris la mortalité et la morbidité dues aux événements climatiques extrêmes comme les vagues de chaleur et les inondations.

- **Le changement climatique pourrait exacerber les difficultés qu'on éprouve déjà à assurer l'éducation de tous les enfants.** Plusieurs des problèmes qui risquent de s'aggraver avec le changement climatique — y compris la malnutrition, les retards de croissance, le paludisme et d'autres maladies — peuvent nuire au rendement scolaire des enfants. La hausse des températures mensuelles extrêmes prévue au cours des prochaines décennies risque également de rendre plus difficiles les conditions d'apprentissage.

## Asie du Sud-Est : zones côtières et productivité en danger

L'Asie du Sud-Est a connu une forte croissance économique et une tendance à l'urbanisation, mais la pauvreté et les inégalités continuent de poser des difficultés considérables dans cette région. La population totale devrait atteindre près de 759 millions d'habitants d'ici 2050, dont 65 % vivront en zones urbaines. En 2010, la population s'établissait à 593 millions d'habitants, dont 44 % vivaient en zones urbaines.

L'Asie du Sud-Est est déjà très exposée à des phénomènes qui se manifestent lentement — élévation du niveau des océans, réchauffement et acidification croissante de l'eau des océans. À ce problème qui ne cesse de s'aggraver viennent s'ajouter les impacts soudains des cyclones tropicaux et de vagues de chaleur de plus en plus extrêmes. Cette conjugaison d'impacts climatiques pourrait avoir des effets défavorables sur plusieurs secteurs en même temps et réduire, à terme, les conditions de vie des populations côtières. Les zones de delta d'Asie du Sud-Est où la densité des populations est relativement élevée sont particulièrement vulnérables à l'élévation du niveau de la mer et à l'augmentation prévue de l'intensité des cyclones tropicaux.

### Impacts physiques et biophysiques probables en fonction de l'évolution prévue du climat

- **Vagues de chaleur :** L'Asie du Sud-Est devrait à moyen terme subir une forte augmentation des pointes de chaleur extrême. Dans un scénario à + 2 °C, ces pointes de chaleur, quasiment inexistantes à l'heure actuelle, toucheront près de 60–70 % de la superficie totale des terres en été, et des vagues de chaleur sans précédent affligeront jusqu'à 30–40 % de la superficie terrestre pendant l'été de l'hémisphère nord. À + 4 °C, les conditions estivales qui seraient aujourd'hui qualifiées de « sans précédent » deviendront la norme, touchant près de 90 % du territoire pendant l'été de l'hémisphère nord.
- **Élévation du niveau de la mer :** L'élévation prévue du niveau de la mer sur les côtes d'Asie du Sud-Est d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, par rapport à 1986–2005, dépasse généralement de 10 à 15 %

la moyenne mondiale. Les études donnent à conclure qu'à Manille, Djakarta, Ho-Chi-Minh-Ville et Bangkok, le niveau de la mer dépassera probablement le niveau actuel de 50 cm environ d'ici 2060, et de 100 cm d'ici 2090.

- **Cyclones tropicaux** : L'intensité et la vitesse maximale des vents des cyclones tropicaux frappant le littoral devraient augmenter sensiblement en Asie du Sud-Est. Cependant, le nombre total des cyclones touchant terre pourrait beaucoup diminuer. Les dommages causés pourraient malgré tout augmenter puisque les effets les plus dévastateurs sont causés par les tempêtes les plus intenses. Le volume des précipitations accompagnant les cyclones tropicaux pourrait augmenter de près du tiers, atteignant 50 à 80 mm par heure et augmentant ainsi les risques d'inondations dans les régions exposées.
- **Intrusion d'eau salée** : La pénétration d'eau de mer dans les aquifères côtiers devrait augmenter considérablement. Par exemple, dans la région indonésienne du fleuve Mahakam, la hausse du niveau de la mer de 100 cm prévue d'ici 2100 dans un scénario à + 4 °C devrait augmenter de 7 à 12 % la proportion des terres touchées par l'intrusion d'eau salée.

### Impacts sectoriels et thématiques

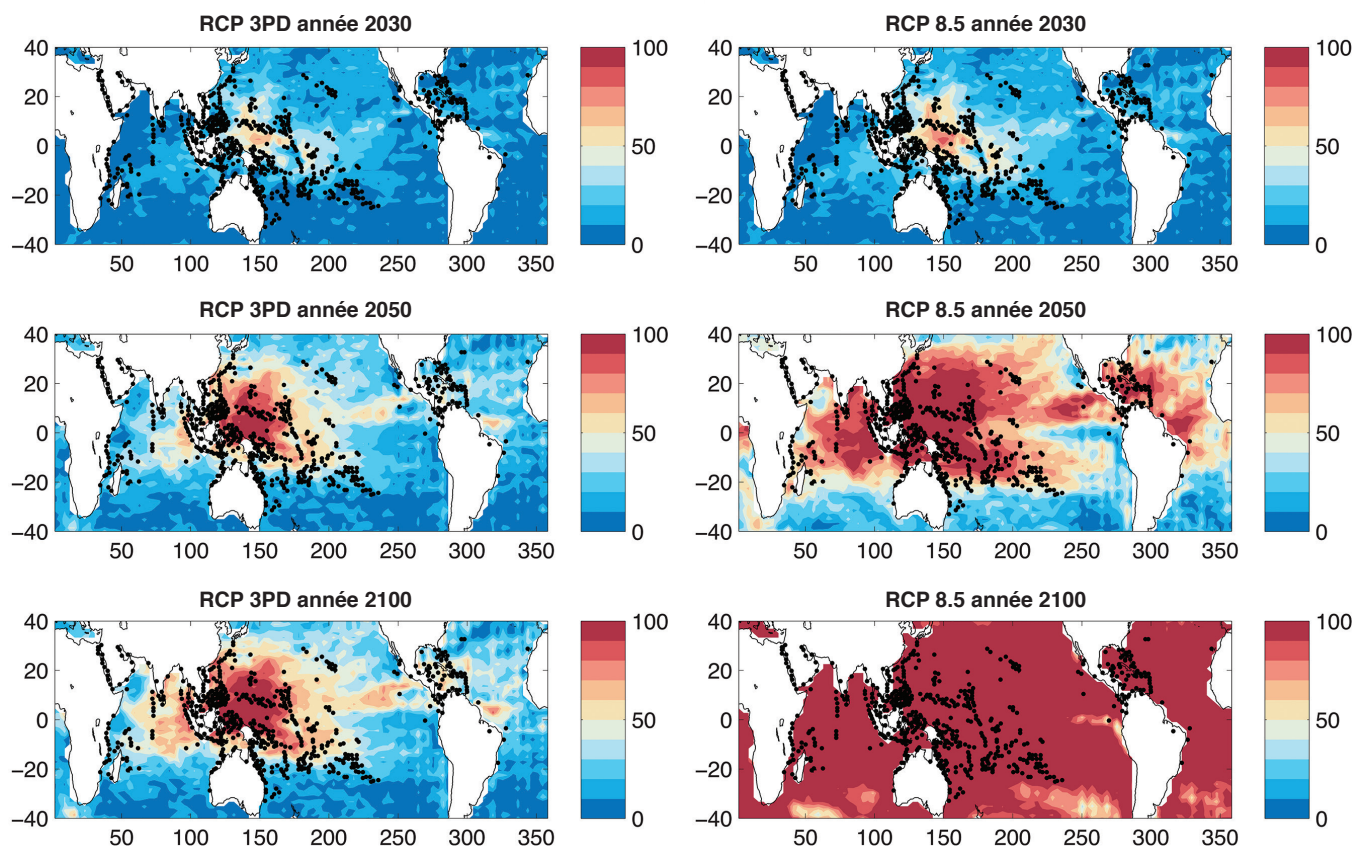
- **Les deltas devraient subir les effets néfastes de l'élévation prévue du niveau de la mer et de l'augmentation prévue de l'intensité des cyclones tropicaux**, ainsi que des affaissements de terrain causés par les activités humaines. Ces phénomènes augmenteront la vulnérabilité des populations rurales et urbaines à divers risques, y compris les inondations, l'intrusion d'eau salée et l'érosion des côtes. Les deltas des fleuves Mékong, Irrawaddy et Chao Phraya, dont une proportion non négligeable des terres se trouve à moins de 2 mètres au-dessus du niveau de la mer, sont particulièrement exposés. L'aquaculture, l'agriculture, la pêche en mer et le tourisme sont les secteurs les plus exposés aux impacts du changement climatique dans ces deltas.
- **Le secteur des pêches pourrait être perturbé** compte tenu de la baisse prévue de la productivité primaire des océans du monde qui pourrait atteindre jusqu'à 20 % d'ici 2100 par rapport à la période préindustrielle. On prévoit que les poissons de la mer de Java et du golfe de Thaïlande souffriront beaucoup de la hausse de la température de l'eau et de la baisse de la concentration d'oxygène, et que leur taille maximale moyenne sera considérablement réduite d'ici 2050. On prévoit en outre que le potentiel maximal de prises pourrait marquer une baisse d'environ 50 % dans le sud des Philippines.
- **L'aquaculture pourrait subir les effets de plusieurs agents stressants liés au changement climatique** : Les cyclones tropicaux d'intensité accrue, l'intrusion d'eau salée et les

hausse de températures pourraient excéder les seuils de tolérance d'espèces d'élevage importantes à l'échelle régionale. L'aquaculture connaît une croissance rapide en Asie du Sud-Est, représentant par exemple environ 5 % du PIB vietnamien. Comme les poissons représentent près de 40 % des protéines animales consommées, ce secteur contribue d'une manière appréciable à la sécurité alimentaire dans cette région.

- **La perte et la dégradation des récifs coralliens auraient des répercussions graves pour la pêche en mer et le tourisme.** L'augmentation de la température superficielle de la mer a déjà conduit au cours des dernières décennies à de graves problèmes de blanchissement des coraux<sup>3</sup>. Un réchauffement de 1,5 °C et l'acidification accrue de l'océan engendreraient un risque élevé (probabilité de 50 %) de phénomènes annuels de blanchissement des coraux dès 2030 dans la région (figure 3). Selon les projections, tous les récifs coralliens de la région du sud-est asiatique seront très probablement exposés à un stress thermique élevé d'ici 2050, ainsi qu'à un stress chimique causé par l'acidification de l'eau de mer.
- **La production agricole — et en particulier la production rizicole dans le delta du Mékong — est vulnérable à l'élévation du niveau de la mer.** Le delta du Mékong assure la moitié environ de la production agricole totale du Vietnam et joue un rôle important dans la production du riz exporté par ce pays. On a estimé qu'une élévation de 30 cm du niveau de la mer — qui risque de se produire dès 2040 — pourrait entraîner une baisse d'environ 12 % de la production agricole, comparativement à la production actuelle, à cause des inondations et de l'intrusion d'eau salée.
- **Les populations et les biens matériels de plus en plus considérables qui se concentrent dans les villes côtières sont exposés aux risques du changement climatique**, y compris des tempêtes tropicales de plus en plus intenses, de l'élévation à long terme du niveau des océans et des inondations côtières soudaines. À défaut de mesures d'adaptation, la superficie de la région de Bangkok exposée à des inondations dues aux précipitations extrêmes et à l'élévation du niveau de la mer pourrait s'accroître d'environ 40 %, en supposant une élévation du niveau de la mer de 15 cm par rapport au niveau actuel (phénomène qui pourrait survenir d'ici aux années 2030), à environ 70 % en supposant une élévation de 88 cm (qui

<sup>3</sup> On peut s'attendre à observer un blanchissement des coraux lorsque la température dépasse de 1 °C le seuil maximal de température de la région pendant la saison chaude pendant plus de quatre semaines. Le phénomène s'aggrave progressivement lorsque la température devient plus chaude ou se maintient pendant plus longtemps au-dessus du seuil maximal régional. Les coraux peuvent survivre au blanchissement, mais ils subissent un taux de mortalité élevé et prennent plusieurs années à se rétablir. Lorsque le phénomène devient trop fréquent ou trop extrême, la destruction des coraux peut devenir permanente.

**Figure 3** Impact prévu du changement climatique sur les récifs coralliens en Asie du Sud-Est



Probabilité d'occurrence d'un blanchissement grave (DHW > 8) au cours d'une année donnée en vertu des scénarios RCP2.6 (environ + 2 °C, à gauche) et RCP8.5 (environ + 4 °C, à droite). Source : Meissner et al., (2012).

Tiré de Springer : Coral Reefs, 31(2), 2012, 309-319. « Large-scale stress factors affecting coral reefs: open ocean sea surface temperature and surface seawater aragonite saturation over the next 400 years », Meissner et al., figure 3. Reproduit avec l'aimable permission de Springer Science and Business Media B.V. Reproduction interdite sans autorisation.

pourrait survenir d'ici aux années 2080, dans un scénario à + 4 °C). De plus, les effets des vagues de chaleur extrême sont particulièrement prononcés en zones urbaines à cause du phénomène des « îlots de chaleur », et risquent d'entraîner des taux élevés de mortalité et de morbidité chez les habitants des villes. La croissance accélérée des populations et du PIB des zones urbaines vient encore accroître l'exposition financière aux impacts du changement climatique dans ces zones. Les populations pauvres des zones urbaines sont particulièrement vulnérables aux conditions de température et d'humidité excessives. En 2005, 41 % de la population urbaine du Vietnam et 44 % de celle des Philippines vivaient dans des logements de fortune. Or, les inondations générées par la hausse du niveau de la mer et par les ondes de tempêtes

présentent un risque particulier pour ces populations où l'absence de réseaux de drainage et l'endommagement des installations d'approvisionnement en eau et d'assainissement posent une menace pour la santé publique.

### Asie du Sud : Cas extrêmes de pénuries et d'excédents d'eau

L'Asie du Sud abrite une population croissante d'environ 1,6 milliard d'habitants qui devrait dépasser les 2,2 milliards d'ici 2050. Elle a connu une croissance économique robuste au cours des récentes années, mais la pauvreté reste généralisée et on y trouve la plus forte concentration de populations pauvres du monde. L'arrivée

au moment approprié de la mousson d'été et la régularité de ce phénomène climatique sont des conditions essentielles à la bonne santé de l'économie rurale et de l'agriculture dans cette région.

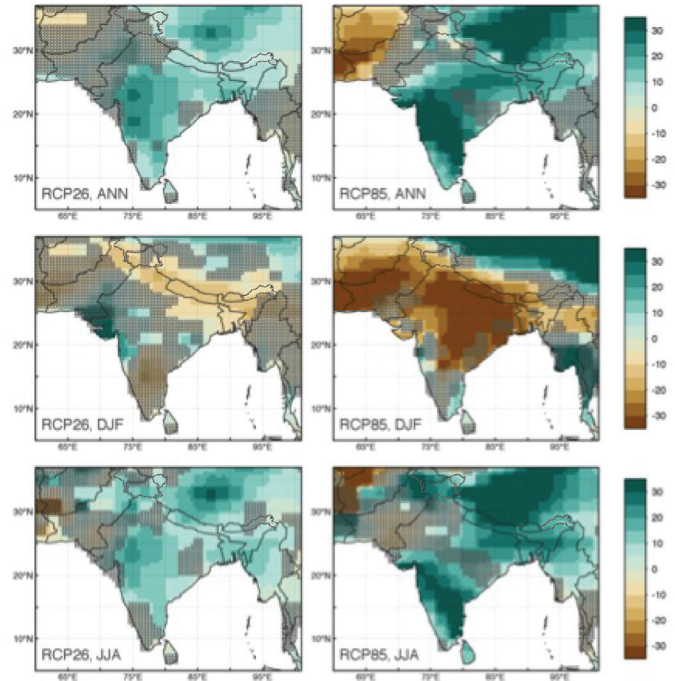
En Asie du Sud, les répercussions du changement climatique sur la production vivrière et la disponibilité saisonnière de l'eau risquent fort de compliquer durablement et de multiples façons les efforts d'approvisionnement en eau pour la consommation, l'irrigation, la production d'hydroélectricité et les systèmes de refroidissement des centrales thermiques. Les « points chauds » potentiels comme le Bangladesh risquent d'être confrontés aux menaces grandissantes des crues extrêmes, des cyclones tropicaux plus intenses, de l'élévation du niveau de la mer et des vagues de chaleur extrême. Le développement et la croissance économiques devraient permettre de réduire dans le futur la vulnérabilité des vastes populations pauvres d'Asie du Sud, mais les projections climatiques indiquent que des poches de vulnérabilité extrême risquent de persister.

Même en supposant un réchauffement relativement modeste de 1,5–2 °C, nombre des impacts du changement climatique dans cette région paraissent plutôt graves et font peser une menace non négligeable sur le développement. Pour permettre aux pays de cette région de s'adapter aux conséquences attendues du changement climatique engendré par ce niveau de réchauffement, il faudra consacrer des investissements importants au développement des infrastructures, à la défense contre les inondations, à la création de cultures résistantes aux hautes températures et à la sécheresse, et à l'amélioration des pratiques d'exploitation viable des ressources — par exemple, dans le cas des prélèvements d'eau souterraine.

### Impacts physiques et biophysiques probables en fonction de l'évolution prévue du climat

- **Vagues de chaleur extrême** : Peu importe l'évolution future des émissions, on prévoit une multiplication de la fréquence des périodes estivales de chaleur inhabituelle ou extrême au cours des vingt prochaines années. Ces vagues de chaleur devraient entraîner une hausse importante des taux de mortalité, un tel effet ayant déjà été observé par le passé.
- **Précipitations** : Le changement climatique entraînera des variations des précipitations dans l'espace et dans le temps. L'augmentation des précipitations annuelles pourrait atteindre jusqu'à 30 % dans un scénario à + 4 °C, mais les projections donnent également à penser que certaines zones arides comme celles du nord-ouest, une importante région de production vivrière, pourraient devenir encore plus arides, et que des zones actuellement humides pourraient le devenir encore plus. Les écarts de la répartition saisonnière des précipitations devraient s'amplifier avec une baisse atteignant jusqu'à 30 % pendant la saison sèche et une hausse de 30 % pendant la saison

**Figure 4** Effets anticipés du changement climatique sur les précipitations annuelles, celles de la saison des pluies et celles de la saison sèche en Asie du Sud



Moyenne multi-modèle de la variation en pourcentage des précipitations annuelles (ANN, en haut), de celles de la saison sèche (DJF, au milieu) et de celles de la saison des pluies (JJA, en bas) en vertu des scénarios RCP2.6 (à gauche) et RCP8.5 (à droite) en Asie du Sud pour la période 2071–2099, par rapport à la période 1951–1980. Dans les zones hachurées, 2 modèles sur 5 sont en désaccord quant à la direction du changement.

des pluies, dans un scénario à + 4 °C (figure 4). Selon les projections, on devrait s'attendre à de grandes variations sous-régionales, l'intensité des précipitations augmentant pendant la mousson dans les zones actuellement humides (sud et nord-est) et diminuant pendant la saison sèche dans les zones actuellement arides (nord et nord-ouest), l'évolution des conditions du temps devenant plus incertaine dans ces régions au cours des autres saisons.

- **Mousson** : On prévoit une augmentation sensible de la variabilité interannuelle et intra-saisonnière de la mousson. Dans un monde où le réchauffement planétaire s'approcherait de 4 °C, on devrait observer une augmentation d'environ 10 % de la variabilité intra-saisonnière de la mousson estivale indienne. Les aspects fondamentaux de l'évolution de ce phénomène sous l'effet du réchauffement planétaire restent toutefois marqués d'une grande incertitude.

- **Sécheresse** : L'accentuation prévue de la saisonnalité des précipitations est mise sur le compte d'une augmentation du nombre de jours secs qui conduira à des épisodes de sécheresse, lesquels, amplifiés par le réchauffement, auront des effets nocifs sur la vie des humains. Les sécheresses devraient poser une menace croissante dans certaines parties de la région. Même si les projections concernant l'évolution des précipitations et l'utilisation de différents indicateurs compliquent les projections concernant les sécheresses, certaines régions paraissent exposées à un risque particulièrement élevé — notamment le nord-ouest de l'Inde, le Pakistan et l'Afghanistan. S'agissant du sud de l'Inde, divers modèles climatiques s'accordent largement pour prévoir des conditions plus humides.
- **Fonte de la glace, réduction du manteau neigeux et débit des cours d'eau** : Au cours du dernier siècle, la plupart des glaciers himalayens ont reculé. La fonte des glaciers et la réduction du manteau neigeux menacent gravement la stabilité et la fiabilité des ressources en eau. Certains grands fleuves comme le Gange, l'Indus et le Brahmapoutre dépendent étroitement de l'eau de fonte des neiges et des glaciers, ce qui les rend très sensibles à la fonte des glaciers et à la réduction des chutes de neige induites par le changement climatique. Longtemps avant d'atteindre le seuil de + 2 °C, on s'attend à une augmentation rapide de la fréquence des années de faible enneigement, ce qui aura pour conséquence d'accroître le ruissellement hivernal et printanier pour augmenter ainsi les risques d'inondations, réduire le débit des cours d'eau durant la saison sèche et menacer l'agriculture. Ces risques devraient déjà être extrêmes lorsqu'on atteindra le seuil de + 4 °C.
- **Élévation du niveau de la mer** : Comme les côtes des pays d'Asie du Sud se trouvent près de l'équateur, les projections de l'élévation locale du niveau de la mer sont plus élevées que celles établies aux plus hautes latitudes. On peut s'attendre à une élévation du niveau de la mer d'environ 100–115 cm dans un monde à + 4 °C, et de 60–80 cm dans un monde à + 2 °C d'ici la fin du XXI<sup>e</sup> siècle, comparativement aux valeurs de 1986–2005, les côtes des Maldives subissant les plus fortes élévations.

### Impacts sectoriels et thématiques

- **Le rendement des cultures est vulnérable à une gamme de facteurs liés au climat** dans la région, y compris les pénuries saisonnières d'eau, la hausse des températures et les intrusions d'eau salée dues à l'élévation du niveau de la mer. Selon les projections, la hausse des températures devrait avoir des répercussions de plus en plus importantes et probablement négatives sur le rendement des cultures. L'effet fertilisant prévu du CO<sub>2</sub> aidera peut-être à neutraliser en partie les effets de la température, mais des données récentes donnent à conclure que la teneur des céréales en protéines pourrait être réduite. Si le réchauffement

dépasse le seuil de + 2 °C, on prévoit que les rendements seront réduits malgré l'effet de fertilisation du CO<sub>2</sub>.

- **La production totale des cultures et l'apport en calories par habitant devraient diminuer** sensiblement sous l'effet du changement climatique. En l'absence de changement climatique, on aurait dû s'attendre à une hausse de 60 % de la production totale des cultures dans la région. Dans un monde à + 2 °C, les importations pourraient devoir être augmentées de plus du double, d'ici les années 2050, pour répondre à la demande de calories par habitant, comparativement à celles requises en l'absence de changement climatique. Une baisse de la disponibilité des aliments peut entraîner d'importants problèmes de santé dans les populations touchées, y compris les retards de croissance des enfants dont la fréquence devrait augmenter de 35 % d'ici 2050 comparativement à un scénario sans changement climatique, ce qui entraînera probablement des conséquences à long terme pour les populations de la région.
- **L'approvisionnement en eau est déjà menacé dans les pays densément peuplés** d'Asie du Sud, selon les résultats de la plupart des méthodes d'évaluation de ce type de risque. Dans un monde s'approchant du seuil de + 4 °C, on prévoit une augmentation de 10 % de l'intensité annuelle moyenne de la mousson et une hausse de 15 % de la variabilité annuelle des précipitations de la mousson d'été indienne par rapport aux niveaux observés pendant la première moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Sous l'effet combiné de ces changements, la fréquence des moussons extrêmement humides risque de passer de centenaire à décennale d'ici la fin du siècle.
- **Les deltas et les villes côtières sont particulièrement exposés aux risques climatiques** découlant de l'interaction d'une hausse des températures, de la menace croissante des crues des cours d'eau, de l'élévation du niveau de la mer et de l'intensité croissante des cyclones tropicaux. Ces risques pèsent surtout sur les zones où se concentrent les populations pauvres. Dans le scénario à + 2 °C, le Bangladesh devient un « point chaud » où l'élévation du niveau de la mer menace la production vivrière, les moyens de subsistance des habitants des zones urbaines et les infrastructures. La combinaison de crues plus fréquentes et des ondes causées par les cyclones tropicaux présente également des risques importants. Les activités humaines (construction de barrages d'irrigation ou de barrages hydroélectriques, aménagement des berges et détournement des cours d'eau dans les bassins intérieurs) peuvent exacerber gravement les risques d'inondations en aval lors de fortes précipitations survenant en amont, dans la portion supérieure des bassins versants.
- **Les impacts du changement climatique sur les ressources hydriques risquent d'exercer des pressions croissantes sur la sécurité énergétique.** Les centrales hydroélectriques et les centrales thermiques (combustibles fossiles, énergie nucléaire ou énergie solaire concentrée) sont les deux sources dominantes

d'énergie électrique dans la région, et toutes peuvent être compromises par un approvisionnement en eau insuffisant. Le fonctionnement des centrales électriques thermiques peut également être perturbé à cause du stress que peut faire subir aux systèmes de refroidissement une hausse des températures de l'air et de l'eau.

## Points de non-retour, réactions en chaîne et conséquences pour le développement humain

Le présent rapport montre que les trois régions hautement diversifiées qui ont fait l'objet de l'analyse — Afrique subsaharienne, Asie du Sud-Est et Asie du Sud — sont exposées aux effets néfastes des changements climatiques (tableaux 1–3). La plupart de ces effets se manifestent à des niveaux relativement faibles de réchauffement, soit longtemps avant l'atteinte du seuil de + 4 °C par rapport aux niveaux préindustriels.

Chacune des régions étudiées devrait connaître une hausse de la fréquence d'épisodes sans précédent de chaleur extrême au cours des mois d'été d'ici au milieu des années 2020, soit longtemps avant que le réchauffement planétaire n'atteigne à peine + 1,5 °C. En fait, les températures supérieures de 0,8 °C aux niveaux préindustriels observées au cours de la dernière décennie ont déclenché dans toutes ces régions des événements climatiques extrêmes qui ont coûté cher en vies humaines, causé beaucoup de dommages matériels et réduit la production agricole. À mesure qu'on s'approche du seuil de + 4 °C, les impacts devraient s'aggraver, et toucher les régions étudiées de diverses façons (voir encadré 1).

### Points de non-retour et réactions en chaîne

L'augmentation graduelle des températures aggrave le risque d'atteindre un point de non-retour, c'est-à-dire un point à partir duquel divers éléments des systèmes humains ou naturels — rendements des récoltes, systèmes d'irrigation en saison sèche, récifs coralliens et prairies de savane — dépassent un seuil critique conduisant à des changements abrupts des systèmes et à des impacts négatifs sur les biens et services qu'ils procurent. Dans le secteur agricole, la sensibilité observée de certaines cultures (par exemple, le maïs) à l'élévation de la température qui peut conduire à des baisses très importantes du rendement au-delà de seuils critiques donnés laisse deviner l'existence d'un point de non-retour pour la production alimentaire régionale. À l'échelle mondiale, les pressions exercées par le réchauffement sur la production vivrière pourraient avoir de graves conséquences.

Certains risques importants restent difficiles à quantifier correctement. Par exemple, malgré la persistance d'un haut degré d'incertitude, on considère que le régime des moussons pourrait constituer un élément de basculement du système climatique

### Encadré 1 : Points de non-retour, réactions en chaîne et conséquences pour le développement humain dans les diverses régions étudiées

- Les systèmes de production alimentaire d'**Afrique subsaharienne** risquent de plus en plus d'être touchés par les effets du changement climatique. Des réductions sensibles du rendement des cultures déjà évidentes dans un scénario à + 2 °C risquent d'avoir de graves répercussions sur la sécurité alimentaire et pourraient avoir des effets néfastes sur la croissance économique et la réduction de la pauvreté dans cette région. Des changements importants de la composition des espèces et des frontières actuelles des écosystèmes pourraient avoir une incidence négative sur les moyens d'existence des populations pastorales, sur la productivité des systèmes culturels et sur la sécurité alimentaire.
- Les moyens d'existence des populations d'**Asie du Sud-Est** risquent de subir des pressions de plus en plus fortes à mesure que le niveau de la mer s'élève et que des écosystèmes marins importants disparaissent à l'approche du seuil de + 4 °C. Les systèmes coralliens sont menacés d'extinction, et leur perte augmenterait la vulnérabilité des côtes aux effets de l'élévation du niveau de la mer et des tempêtes. Le déplacement vers les centres urbains des collectivités rurales et côtières dépouillées de leurs moyens d'existence risque d'augmenter sans cesse le nombre de personnes vivant dans des logements de fortune et exposées aux multiples effets du changement climatique, y compris les vagues de chaleur, les inondations et les maladies.
- Les populations d'**Asie du Sud** dépendent en grande partie de la stabilité des moussons qui apportent l'eau nécessaire à la plus grande partie de la production agricole dans la région. Les perturbations du régime de mousson et la hausse des températures de pointe font peser une grave menace sur les ressources en eau et en aliments. Les populations vivant dans les deltas sont particulièrement exposées aux multiples menaces des cyclones tropicaux de plus forte intensité, de l'élévation du niveau de la mer, et des vagues de chaleur et des précipitations extrêmes. Ces impacts multiples peuvent nuire grandement aux efforts d'éradication de la pauvreté déployés dans la région.

de la planète. Des mécanismes physiquement plausibles de changement soudain de la mousson indienne créant des conditions plus arides et moins pluvieuses pourraient déclencher une crise majeure dans la région de l'Asie du Sud.

Le changement climatique peut engendrer un effet de domino et influencer ainsi ultimement sur le développement humain. Par

exemple, une baisse des rendements et une réduction de la valeur nutritive des cultures pourraient engendrer une réaction en chaîne dans la société en augmentant les taux de malnutrition et de retards de croissance des enfants et en nuisant ainsi par ricochet aux résultats scolaires. De tels effets peuvent persister jusqu'à l'âge adulte et avoir sur le capital humain des conséquences à long terme qui risquent d'aggraver sensiblement les obstacles au développement. La plupart des impacts abordés dans le cadre des analyses régionales ne sont pas uniques à ces régions. Par exemple, les effets du réchauffement sur les récifs coralliens du monde entier pourraient se répercuter sur les moyens de subsistance des collectivités locales et sur le tourisme.

### Points chauds multisectoriels

Dans un scénario à + 4 °C, la plupart des populations du monde risquent de subir des impacts survenant simultanément dans de multiples secteurs. De plus, ces impacts en cascade ne seront probablement pas limités à une région particulière ; ils risquent au contraire de se répercuter à travers le monde. Par exemple, les impacts sur le secteur agricole pourraient se répercuter sur le commerce mondial des denrées alimentaires, et les chocs subis par la production d'une région donnée pourraient ainsi avoir de graves répercussions sur les populations d'autres régions. Le degré de vulnérabilité risque ainsi d'être plus élevé que ne le laissent deviner les analyses sectorielles réalisées dans les régions étudiées étant donné l'interdépendance mondiale, et les impacts sur les populations ne sauraient ainsi en aucun cas être limités à celles qui font l'objet du présent rapport. Beaucoup des facteurs de risques climatiques se concentrent dans les régions tropicales. Toutefois aucune région n'est à l'abri des impacts du changement climatique. En fait, dans un scénario à + 4 °C, la plupart des populations du monde seront exposées à des impacts survenant simultanément dans de multiples secteurs.

Les résultats du récent projet d'intercomparaison de modèles d'impacts intersectoriels (*Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project – ISI-MIP*) ont servi à évaluer les « points chauds » où des impacts considérables s'observent simultanément dans plus d'un secteur — par exemple, agriculture, ressources hydriques, écosystèmes et santé (paludisme). La proportion de la population mondiale subissant simultanément des répercussions multiples augmente sensiblement dans des conditions de réchauffement planétaire plus prononcées. En supposant un niveau et une répartition invariables de la population correspondant à celles de l'an 2000, la proportion des personnes exposées à de multiples agents stressants dans l'ensemble de ces secteurs augmenterait de 20 % dans le scénario à + 2 °C et de plus de 80 % dans le scénario à + 4 °C par rapport aux niveaux préindustriels. Cette nouvelle analyse<sup>4</sup> situe les « points chauds » de l'exposition

au changement climatique dans le sud du bassin de l'Amazonie, le sud de l'Europe, l'Afrique de l'Est et le nord de l'Asie du Sud. Le bassin de l'Amazonie et les hautes terres d'Afrique de l'Est retiennent particulièrement l'attention à cause de leur exposition simultanée dans trois secteurs. D'autres petites régions d'Amérique centrale et d'Afrique de l'Ouest sont également touchées.

### Conséquences pour le développement

Le changement climatique compromet déjà les progrès et les perspectives de développement et menace d'aggraver les vulnérabilités et d'éliminer les progrès difficilement obtenus. Ses conséquences se font déjà sentir sur tous les continents et dans tous les secteurs. Des espèces disparaissent, des terres sont inondées et des moyens de subsistance sont menacés. La multiplication des épisodes de sécheresse, des inondations, des grosses tempêtes et des feux de forêts impose un lourd tribut aux particuliers, aux entreprises et aux pouvoirs publics. Les phénomènes climatiques extrêmes peuvent enfoncer les ménages sous le seuil de pauvreté, ce qui risque d'aggraver le problème de l'exode rural (voir encadré 2). Le changement climatique risque ainsi de compliquer les efforts de promotion de la croissance économique et d'éradication de la pauvreté et des inégalités.

Il importe d'intervenir pour ralentir le rythme de l'évolution du climat et s'adapter aux impacts qui se font déjà sentir. À défaut d'y parvenir, nous serons incapables d'aider les plus pauvres de la planète à échapper à la misère. Il convient d'engager des actions énergiques et décisives pour éviter un monde à + 4 °C : *un monde ingérable, aux prises avec des vagues de chaleur sans précédent* et accablé par la souffrance humaine. Il n'est pas trop tard pour plafonner le réchauffement planétaire vers + 2 °C et renforcer notre capacité d'adaptation aux hausses de températures et aux autres effets du changement climatique qui poseront probablement toujours une menace pour l'agriculture, les ressources hydriques, les infrastructures côtières et la santé humaine. Une nouvelle dynamique doit être mise en place. Nous avons besoin de changements technologiques radicaux, d'une volonté politique visionnaire et sans faille et d'une solide coopération internationale pour parvenir à infléchir la tendance actuelle de l'évolution du climat et protéger les populations et les écosystèmes. Il nous reste peu de temps pour mettre en œuvre les mesures qui permettront de limiter le réchauffement à moins de 2 °C et éviter un monde à + 4 °C. Le temps est venu d'agir.

<sup>4</sup> Fondée sur le premier projet d'intercomparaison de modèles d'impacts climatiques intersectoriels dont la première phase s'est achevée début 2013. Les documents issus de ce projet étaient en voie de révision au moment de la rédaction du présent rapport.



## Encadré 2 : Les zones urbaines : nouveaux pôles de vulnérabilité

Le recensement de nouveaux pôles de vulnérabilité dans les zones urbaines est un des points communs qui ressortent de l'analyse régionale.

Les taux d'urbanisation sont élevés dans les régions en développement. Par exemple, d'ici 2050, la proportion des populations d'Afrique subsaharienne vivant en ville, qui s'établissait à 36 % en 2010, atteindra 56 %. Bien que cette évolution tienne à plusieurs facteurs, le changement climatique joue un rôle de plus en plus important à cause des pressions croissantes qu'il exerce sur les moyens de subsistance des populations rurales et côtières.

Bien qu'on s'attende à ce que les résidents des zones rurales soient exposés dans toutes les régions à un éventail de facteurs de risques climatiques, plusieurs facteurs servent à définir la vulnérabilité particulière des citoyens — et en particulier des pauvres — aux effets du changement climatique. Par exemple :

- La chaleur extrême est plus difficile à tolérer dans les villes puisque les milieux bâtis amplifient l'effet des hautes températures.
- Beaucoup de villes se trouvent en zones côtières et sont donc souvent exposées aux inondations et aux ondes de tempêtes.
- Les zones d'habitat précaire rassemblent de vastes populations et sont souvent dépourvues des services de base que sont l'électricité, les installations sanitaires, les infrastructures de santé et des logements durables. Les habitants de ces zones sont très exposés aux événements météorologiques extrêmes comme les tempêtes et les inondations. Une telle situation s'observe par exemple dans l'agglomération de Manille, aux Philippines, ou à Calcutta, en Inde, où les ménages pauvres sont installés dans des zones de basses terres ou des zones humides particulièrement vulnérables aux ondes de marée et de tempête.
- Les zones d'habitat précaire créent souvent des conditions particulièrement propices à la transmission de maladies transmises par des vecteurs ou par l'eau comme le choléra et le paludisme, maladies qui risquent de devenir plus fréquentes avec le changement climatique.
- Les citoyens pauvres constituent le groupe le plus vulnérable aux hausses des prix des aliments qui surviennent dans la foulée des chocs et des baisses de production prévisibles dans les conditions futures de changement climatique.

Le changement climatique, qui pose déjà une menace particulière pour les citoyens, devrait par ailleurs encourager l'exode rural et exposer ainsi plus de gens aux nouveaux pôles de vulnérabilité décrits ci-dessus. Il est cependant possible, grâce à des mesures d'urbanisme et de protection sociale renforcées, de créer des collectivités mieux adaptées aux effets du changement climatique.



**Tableau 1.** Effets du changement climatique en Afrique subsaharienne

RISQUE/IMPACT		RÉCHAUFFEMENT DE 0,8 °C (Observé)	RÉCHAUFFEMENT DE 2,0 °C (Années 2040) <sup>1</sup>	RÉCHAUFFEMENT DE 4 °C (Années 2080)
<b>Vagues de chaleur</b>	Vagues de chaleur exceptionnelles	Quasiment inexistantes	Touchent environ 45 % des terres pendant l'été austral (DJF)	Touchent plus de 85 % des terres pendant l'été austral (DJF)
	Vagues de chaleur sans précédent	Inexistantes	Touchent environ 15 % des terres pendant l'été austral (DJF)	Touchent plus de 55 % des terres pendant l'été austral (DJF)
<b>Sécheresses</b>		Tendance à la hausse observée depuis 1950	Risque probable de sécheresse graves dans le sud et le centre de l'Afrique ; risque accru en Afrique de l'Ouest ; diminution possible du risque en Afrique de l'Est, mais les projections pour l'ouest et l'est de l'Afrique restent incertaines <sup>2</sup>	Risque probable de sécheresses extrêmes dans le sud de l'Afrique et de sécheresses graves dans le centre ; risque accru en Afrique de l'Ouest ; diminution possible du risque en Afrique de l'Est, mais les projections pour l'ouest et l'est de l'Afrique restent incertaines <sup>3</sup>
<b>Aridité</b>		Aridité croissante <sup>4</sup>	Expansion de 3 % des régions hyper-arides et arides	Expansion de 10 % des régions hyper-arides et arides
<b>Élévation du niveau de la mer</b>			70 cm (60–80 cm) d'ici 2080–2100	105 cm (85–125 cm) d'ici 2080–2100
<b>Variations des écosystèmes</b>			10 à 15 % des espèces subsahariennes menacées de disparition (on présume que le réchauffement est trop rapide pour permettre une migration) <sup>5</sup>	
<b>Approvisionnement en eau (ruissellement / réalimentation des nappes aquifères)</b>			Baisse de 50–70 % des taux de réalimentation dans l'ouest de l'Afrique australe et le sud de l'Afrique de l'Ouest ; hausse de 30 % du taux de réalimentation dans certaines portions de l'est de l'Afrique australe et de l'Afrique de l'Est <sup>6</sup>	Hausse des volumes disponibles d'eau bleue en Afrique de l'Est et dans certaines parties de l'Afrique de l'Ouest <sup>7</sup> ; baisse des volumes disponibles d'eau verte sur une majorité du territoire africain, sauf dans certaines parties de l'Afrique de l'Est
<b>Rendements des cultures, superficies cultivées et production vivrière</b>	Superficies cultivées		Moins de 15 % des superficies cultivées en maïs, millet et sorgho sous les conditions climatiques prévues coïncident avec la superficie cultivée sous les conditions climatiques actuelles.	Raccourcissement de plus de 20 % de la durée de la période de croissance
	Production vivrière	Production de référence d'environ 81 millions de tonnes en 2000, soit environ 121 kg/habitant	En l'absence de changement climatique, hausse prévue importante de la production totale à 192 millions de tonnes qui n'arrivera toutefois pas à suivre le rythme de la croissance de la population et qui ne représentera donc plus que 111 kg/habitant. Avec le changement climatique, la production n'est plus que de 176 millions de tonnes, soit 101 kg/habitant <sup>8</sup>	
<b>Rendements</b>	Toutes les cultures		Aggravation des pertes et des dommages (maïs, sorgho, blé, millet, arachides, manioc) <sup>9</sup>	
<b>Bétail</b>		Les grandes sécheresses influent sur l'élevage du bétail <sup>10</sup>		Hausse de 10 % des rendements du <i>Bracharia decumbens</i> (une graminée fourragère) dans l'est et le sud de l'Afrique ; baisse de 4 et de 6 % respectivement dans le centre et l'ouest de l'Afrique <sup>11</sup>
<b>Pêcheries marines</b>			Réduction sensible des teneurs en protéines, pertes économiques et pertes d'emplois prévues <sup>12</sup>	
<b>Zones côtières</b>				À défaut de mesures d'adaptation, environ 18 millions de personnes victimes d'inondations chaque année <sup>13</sup>
<b>Santé et pauvreté</b>			Hausse sensible prévue de la malnutrition ; augmentation prévue du nombre de cas de retards de croissance modérés ou graves <sup>14</sup>	



Tableau 2. Effets du changement climatique en Asie du Sud-Est

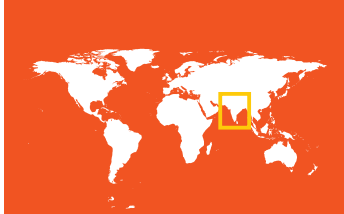
RISQUE/IMPACT		RÉCHAUFFEMENT DE 0,8 °C (Observé)	RÉCHAUFFEMENT DE 2,0 °C (Années 2040 <sup>1</sup> )	RÉCHAUFFEMENT DE 4 °C (Années 2080)
Vagues de chaleur	Vagues de chaleur exceptionnelles	Quasiment inexistantes	Touchent environ 60–70 % des terres pendant l'été boréal (JJA)	Touchent plus de 90 % des terres pendant l'été boréal (JJA)
	Vagues de chaleur sans précédent	Inexistantes	Touchent de 30 à 40 % des terres pendant l'été boréal <sup>15</sup>	Touchent plus de 80 % des terres pendant l'été boréal.
Cyclones tropicaux			Baisse globale de la fréquence des cyclones tropicaux <sup>16,17</sup> ; hausse globale du volume des précipitations dues aux cyclones ; hausse de la fréquence des cyclones de catégorie 5 <sup>18</sup>	Baisse du nombre de cyclones tropicaux touchant terre, mais augmentation prévue de la vitesse maximale des vents sur les côtes d'environ 6 % pour l'Asie du Sud-Est continentale, et d'environ 9 % pour les Philippines
Élévation du niveau de la mer			75 cm (65–85 cm) d'ici 2080–2100	110 cm (85–130 cm) d'ici 2080–2100 ; 5 cm de moins dans la zone de Bangkok
Effets de la montée du niveau de la mer	Érosion côtière (perte de terres)	Dans la commune de Hai Thinh sud, dans le delta vietnamien du fleuve Rouge, on a attribué environ 34 % (12 %) de l'augmentation du taux d'érosion entre 1965 et 1995 (1995 et 2005) à l'effet direct de l'élévation du niveau de la mer <sup>19</sup>		Aggravation sensible de l'érosion des côtes dans le delta du Mékong <sup>20</sup>
	Exposition de la population	20 millions de citoyens en Asie du Sud-Est exposés aux inondations côtières en 2005 <sup>21</sup>		8,5 millions de personnes de plus pourraient être exposées aux inondations côtières d'ici 2100 si le niveau de la mer s'élève d'un mètre <sup>22</sup>
	Exposition des villes			À Ho Chi Minh Ville, une proportion des zones bâties pouvant atteindre 60 % pourrait être exposée <sup>23</sup> à une élévation de 1 m du niveau de la mer
Intrusions d'eau salée		Delta du Mékong (2005) : production de canne à sucre de la province de Long An réduite de 5–10 % ; réduction importante de la production rizicole dans le district de Duc Hoa <sup>24</sup>		Région du fleuve Mahakam (Indonésie) : accroissement de 7–12 % de la superficie des terres touchées <sup>25</sup>
Effets sur les écosystèmes (récifs coralliens/zones humides côtières)			La presque totalité des récifs coralliens exposée à un stress thermique grave dans un scénario à + 1,5–2 °C	Récifs coralliens victimes chaque année du blanchissement ; réduction de la superficie des zones humides côtières <sup>26</sup>
Aquaculture			Le coût estimé de l'adaptation <sup>27</sup> du secteur de l'aquaculture en Asie du Sud-Est s'établit à 130–190 millions de dollars par année à partir de 2010–2050	

(suite à la page suivante)



**Tableau 2.** Effets du changement climatique en Asie du Sud-Est (suite)

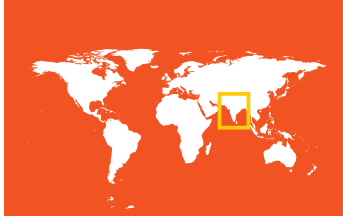
RISQUE/IMPACT		RÉCHAUFFEMENT DE 0,8 °C (Observé)	RÉCHAUFFEMENT DE 2,0 °C (Années 2040 <sup>1</sup> )	RÉCHAUFFEMENT DE 4 °C (Années 2080)
Pêcheries marines			Réduction du maximum de prises possible dans la région des Philippines et du Vietnam <sup>28</sup>	La pêche du thon obèse affiche une tendance nettement négative <sup>29</sup>
Pauvreté			Le risque relatif de diarrhée devrait augmenter <sup>30</sup>	
Tourisme			La Thaïlande, l'Indonésie, les Philippines, le Myanmar et le Cambodge comptent parmi les destinations touristiques les plus vulnérables <sup>31</sup>	



**Tableau 3.** Effets du changement climatique en Asie du Sud

RISQUE/IMPACT		RÉCHAUFFEMENT DE 0,8 °C (Observé)	RÉCHAUFFEMENT DE 2,0 °C (Années 2040 <sup>1</sup> )	RÉCHAUFFEMENT DE 4 °C (Années 2080)
Vagues de chaleur	Vagues de chaleur exceptionnelles	Quasiment inexistantes	Touchent environ 20 % des terres pendant l'été boréal (JJA)	Touchent plus de 70 % des terres pendant l'été boréal (JJA)
	Vagues de chaleur sans précédent	Inexistantes	Touchent moins de 5 % des terres pendant l'été boréal (JJA), sauf dans l'extrême sud de l'Inde et au Sri Lanka, où 20–30 % des terres connaissent des vagues de chaleur sans précédent en été	Touchent plus de 40 % des terres pendant l'été boréal (JJA)
Sécheresses				Fréquence plus élevée dans le nord-ouest de l'Inde, au Pakistan et en Afghanistan <sup>32</sup> ; périodes de sécheresse plus longues dans l'est de l'Inde et au Bangladesh <sup>33</sup>
Élévation du niveau de la mer			70 cm (60–80 cm) d'ici 2080–2100 <sup>34</sup>	105 cm (85–125 cm) d'ici 2080–2100 ; 5–10 cm de plus aux Maldives et à Calcutta
Cyclones tropicaux			Augmentation de la gravité des impacts des cyclones tropicaux <sup>35</sup>	
Inondations			Augmentation de la gravité des inondations <sup>36</sup>	D'ici 2070, environ 1,5 million de personnes pourraient être victimes d'inondations dans les villes côtières du Bangladesh <sup>37</sup>
Débit des cours d'eau	Indus		Augmentation du débit moyen d'environ 65 % <sup>38</sup>	
	Gange		Augmentation du débit de 20 % <sup>39</sup>	Augmentation du débit de 50 %
	Brahmapoutre		Réductions considérables du débit à la fin du printemps et en été <sup>40</sup>	
Approvisionnement en eau	Global	En Inde, la disponibilité brute par habitant devrait baisser en raison de la croissance démographique <sup>41</sup>	En Inde, les besoins en eau potable devraient dépasser la disponibilité des ressources en eau verte <sup>42, 43</sup> . Avec un réchauffement de près de 3° C, il est très probable que la disponibilité d'eau par habitant en Asie du Sud soit réduite de plus de 10 % <sup>44</sup>	
	Réalimentation des nappes aquifères	Les ressources en eaux souterraines subissent déjà des pressions <sup>45</sup>	Le changement climatique devrait encore aggraver les pressions exercées sur les ressources en eaux souterraines	
Production vivrière			La production vivrière ne devrait progresser globalement que de 12 % par rapport aux niveaux de 2000 (au lieu de 60 % en l'absence de changement climatique), conduisant à une baisse d'un tiers de la production vivrière par habitant <sup>46</sup>	
Rendements	Toutes les cultures	Réduction des rendements rizicoles, surtout dans les zones non irriguées	Les rendements des cultures diminuent en dépit des possibles effets positifs	

(suite à la page suivante)



**Tableau 3.** Effets du changement climatique en Asie du Sud (suite)

RISQUE/IMPACT		RÉCHAUFFEMENT DE 0,8 °C (Observé)	RÉCHAUFFEMENT DE 2,0 °C (Années 2040 <sup>1</sup> )	RÉCHAUFFEMENT DE 4 °C (Années 2080)
<b>Enjeux liés à la santé et à la pauvreté</b>	Malnutrition et retards de croissance des enfants		Les taux augmentent respectivement de 14,6 et de 5 % environ <sup>47</sup>	
	Paludisme		Le risque relatif de paludisme devrait avoir augmenté de 5 % en 2050 <sup>48</sup>	
	Maladies diarrhéiques		Le risque relatif de maladies diarrhéiques devrait augmenter de 1,4 %, par rapport au niveau de référence de 2010, d'ici 2050	
	Vulnérabilité aux vagues de chaleur	À New Delhi, on observe une augmentation de 4 % du taux de mortalité dû à la chaleur par degré d'augmentation de la température au-dessus du seuil local de 20 °C <sup>49</sup>	La plupart des pays d'Asie du Sud risquent de connaître une hausse considérable des taux de mortalité dus au stress thermique d'ici les années 2090 <sup>50</sup>	

## NOTES DE FIN DE DOCUMENT

- <sup>1</sup> Les années indiquent la décennie au cours de laquelle les seuils de réchauffement sont dépassés dans le scénario du « statu quo », et non dans des scénarios de réduction des émissions limitant l'élévation de température à ces seuils ou au-dessous de ces seuils puisque dans de tels cas, l'année du dépassement des seuils serait toujours 2100, si tant est qu'il y eût dépassement.
- <sup>2</sup> Il s'agit de la situation générale telle que définie par les modèles climatiques mondiaux CMIP5 ; cependant, les estimations restent entachées d'une forte incertitude. Les tendances affichées par les épisodes de sécheresse (Lyon et DeWitt, 2012) et la décision d'attribuer en partie la sécheresse de 2011 aux activités humaines (Lott *et al.*, 2013) laissent planer une bonne dose d'incertitude quant à la robustesse des prévisions d'accroissement des précipitations et de réduction des sécheresses (Tierney, Smerdon, Anchukaitis et Seager 2013).
- <sup>3</sup> Dai (2012). Modèles CMIP5 en vertu du scénario RCP4.5 pour l'évolution des conditions de sécheresse de 2050 à 2099 ; réchauffement d'environ 2,6 °C par rapport aux niveaux préindustriels.
- <sup>4</sup> Voir note 2.
- <sup>5</sup> (Parry *et al.*, 2007).
- <sup>6</sup> Augmentations de la température de 2,3 et de 2,1 °C pour la période 2041–2079 en vertu des scénarios A2 et B2 du rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES) (Döll, 2009)
- <sup>7</sup> Gerten *et al.* (2011).
- <sup>8</sup> Nelson *et al.* (2010).
- <sup>9</sup> Schlenker et Lobell (2010).
- <sup>10</sup> FAO (2008).
- <sup>11</sup> Thornton *et al.* (2011).
- <sup>12</sup> Lam, Cheung, Swartz et Sumaila (2012). Application de la méthode et du scénario de Cheung *et al.* (2010).
- <sup>13</sup> Hinkel *et al.* (2011). Scénario d'élévation du niveau de la mer de 126 cm d'ici 2100. Dans le scénario sans élévation qui ne prend en compte que la subsidence du delta et la croissance démographique, le nombre de personnes touchées pourrait atteindre jusqu'à 9 millions.
- <sup>14</sup> Lloyd, Kovats et Chalabi (2011) établissent une estimation de l'incidence que pourraient avoir sur la malnutrition et les retards de croissances des enfants de moins de cinq ans les effets du changement climatique sur la productivité des cultures, d'ici 2050, et constatent que la proportion des enfants sous-alimentés pourrait augmenter de 52, 116, 82 et 142 % respectivement dans le centre, l'est, le sud et l'ouest de l'Afrique subsaharienne. La proportion des enfants souffrant d'un retard de croissance pourrait augmenter de 1 % (pour les cas modérés) à 30 % (pour les cas graves), de 9 % à 55 %, de 23 % à 55 % et de 9 % à 36 % respectivement dans le centre, l'est, le sud et l'ouest de l'Afrique subsaharienne.
- <sup>15</sup> Au-delà de 5 *sigma* dans le scénario à + 2 °C d'ici 2071–2099.
- <sup>16</sup> Held et Zhao (2011).
- <sup>17</sup> Murakami, Wang *et al.* (2012) with fixed sea surface temperatures (SSTs).
- <sup>18</sup> Murakami, Wang *et al.* (2012). Projections correspondant au scénario A1B du SRES pour la période 2075–99.
- <sup>19</sup> Duc, Nhuan et Ngoi (2012).
- <sup>20</sup> Élévation de 1 mètre d'ici 2100 (Mackay et Russell, 2011).
- <sup>21</sup> Hanson *et al.* (2011).
- <sup>22</sup> Brecht *et al.* (2012). Dans cette étude, la fraction de la population urbaine est maintenue constante au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.
- <sup>23</sup> Storch et Downes (2011). En l'absence de toute adaptation, le développement urbain prévu d'ici 2025 entraîne une augmentation de 17 % de l'exposition de Ho Chi Minh Ville à l'élévation du niveau de la mer.
- <sup>24</sup> Selon MoNRE (2010), « L'élévation du niveau de la mer et les effets des marées hautes et des faibles débits pendant la saison sèche aggravent le problème d'intrusion d'eau salée. En 2005, des intrusions salines profondes (et plus précoces que d'ordinaire), des taux élevés de salinité et une salinisation durable ont été observés à plusieurs reprises dans les provinces du delta du Mékong ». [Traduction libre]
- <sup>25</sup> Dans un scénario à + 4 °C avec une élévation d'un mètre du niveau de la mer d'ici 2100 (McLeod, Hinkel *et al.*, 2010).
- <sup>26</sup> Meissner, Lippmann et Sen Gupta (2012).
- <sup>27</sup> 190,7 millions de dollars par année pour la période 2010–2020 (Kam, Badjeck, Teh, Teh et Tran, 2012) ; 130 millions de dollars par année pour la période 2010–2050 (Banque mondiale, 2010).
- <sup>28</sup> Maximum de prises possible (Cheung *et al.*, 2010).
- <sup>29</sup> Lehodey *et al.* (2010). Dans un monde à + 4 °C, les conditions de croissance des larves devraient se détériorer dans l'océan Pacifique Ouest à cause d'une hausse de la température. On prévoit par ailleurs une augmentation du taux global de mortalité des adultes qui pourrait conduire à une réduction marquée de la biomasse d'ici 2100.
- <sup>30</sup> Kolstad et Johansson (2011) ont établi un rapport entre les maladies diarrhéiques et le réchauffement en s'appuyant sur les résultats d'études antérieures (Scénario A1B).
- <sup>31</sup> Perch-Nielsen (2009). Cette évaluation tient compte de la capacité d'adaptation, du degré d'exposition et de la sensibilité dans un scénario à + 2 °C avec une élévation du niveau de la mer de 50 cm pour la période 2041–2070.
- <sup>32</sup> Dai (2012).
- <sup>33</sup> Sillmann et Kharin (2013).
- <sup>34</sup> Dans un scénario où le réchauffement franchit le seuil de 1,5 °C au cours des années 2050 et redescend sous le seuil de 1,5 °C avant 2100. Étant donné la lenteur du temps de réaction des océans et des calottes glaciaires, l'évolution du niveau de la mer est semblable dans un scénario à + 2 °C pendant le XXI<sup>e</sup> siècle, mais suit une voie différente après 2100.
- <sup>35</sup> Banque mondiale (2010a). En supposant que le cyclone touche terre pendant la marée haute, et que la vitesse des vents soit supérieure de 10 % à celle du cyclone Sidr.
- <sup>36</sup> Mirza (2010).
- <sup>37</sup> (Brecht *et al.*, 2012). Dans cette étude, la fraction de la population urbaine est maintenue constante au cours du XXI<sup>e</sup> siècle.
- <sup>38</sup> Van Vliet *et al.* (2013). Compte tenu d'un réchauffement de 2,3 °C et de 3,2 °C.
- <sup>39</sup> FunG, Lopez et New (2011). Scénario A1B du SRES ; réchauffement d'environ 2,7 °C par rapport aux niveaux préindustriels.
- <sup>40</sup> Pour la période de 2045 à 2065 (réchauffement planétaire moyen de 2,3 °C par rapport aux niveaux préindustriels) (Immerzeel, Van Beek et Bierkens, 2010).
- <sup>41</sup> Bates, Kundzewicz, Wu et Palutikof (2008) ; Gupta et Deshpande (2004).
- <sup>42</sup> En utilisant en guise de valeur de référence de la quantité totale d'eau requise pour assurer un régime équilibré un volume minimal de 1 300 m<sup>3</sup> par habitant et par année.

<sup>43</sup> Gornall *et al.* (2010). Prévission conforme à l'accroissement global des précipitations observé pendant la saison des pluies au cours des années 2050, avec des valeurs sensiblement plus élevées qu'en 2000 en juillet, août et septembre. On s'attend à une hausse de la moyenne globale annuelle de la teneur en eau des sols d'ici 2050, par rapport aux niveaux de 1970–2000, mais les sols seront également exposés à des épisodes de sécheresse plus longs.

<sup>44</sup> Gerten *et al.* (2011). Compte tenu d'un réchauffement planétaire d'environ 3 °C par rapport aux niveaux préindustriels, et du scénario A2 du SRES concernant l'évolution démographique pour 2080.

<sup>45</sup> Rodell, Velicogna et Famiglietti (2009) ; Döll (2009) ; Green *et al.* (2011).

<sup>46</sup> Nelson *et al.* (2010).

<sup>47</sup> Lloyd *et al.* (2011). En Asie du Sud, d'ici 2050, compte tenu d'un réchauffement d'environ 2 °C par rapport aux niveaux préindustriels (scénario A2 du SRES).

<sup>48</sup> Pandey (2010). 116 000 cas supplémentaires ; hausse de 1,8 °C dans le scénario A2 du SRES.

<sup>49</sup> McMichael *et al.* (2008).

<sup>50</sup> Takahashi, Honda et Emori (2007). Réchauffement planétaire moyen pour les années 2090 d'environ 3,3 °C par rapport aux niveaux préindustriels, en vertu du scénario A1B du SRES ; augmentation estimée de la variation quotidienne de la température maximale de 2 à 3 °C en Asie du Sud.



## Liste des abréviations

°C	Degré Celsius	GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
AIE	Agence internationale de l'énergie	IA	Indice d'aridité
ANN	Annuel	ISI-MIP	Projet d'intercomparaison de modèles d'impacts intersectoriels ( <i>Inter-Sectoral Impact Model Intercomparison Project</i> )
AR4	Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)	JJA	Juin-juillet-août
AR5	Cinquième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)	MAGICC	Modèle pour l'évaluation des impacts des GES sur le changement du climat
CaCO <sub>3</sub>	Carbonate de calcium	MCG	Modèle de circulation générale
CAT	Climate Action Tracker (voir <a href="http://www.climateactiontracker.org/">http://www.climateactiontracker.org/</a> )	MCGAO	Modèle de circulation générale atmosphère-océans
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques	OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
CMIP5	5 <sup>e</sup> phase du projet d'intercomparaison de modèles couplés	PIB	Produit intérieur brut
CO <sub>2</sub>	Dioxyde de carbone	PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
DHW	Degrés-semaines de réchauffement ( <i>Degree Heating Week</i> )	ppm	parties par million
DJF	Décembre-janvier-février	RCP	Profils représentatifs d'évolution de concentration ( <i>Representative Concentration Pathways</i> )
Événements 3 <i>sigma</i>	Événements qui se différencient de la moyenne historique de trois écarts-types	SRES	Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions
Événements 5 <i>sigma</i>	Événements qui se différencient de la moyenne historique de cinq écarts-types	SREX	Rapport spécial du GIEC : « Gérer les risques d'événements extrêmes et de catastrophes pour améliorer l'adaptation au changement climatique »
GES	Gaz à effet de serre	USAID	Agence des États-Unis pour le développement international
GFDRR	Facilité mondiale pour la prévention des risques de catastrophes et le relèvement		



## Glossaire

**AR4, AR5 du GIEC** – Le Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC) est l’organisme chef de file chargé de l’évaluation du changement climatique à l’échelle mondiale. Rassemblant des centaines de chercheurs de renom du monde entier, il publie régulièrement des rapports d’évaluation qui présentent un résumé complet des informations scientifiques, techniques et socio-économiques les plus récentes sur le changement climatique et ses répercussions. Le quatrième rapport d’évaluation (AR4) du GIEC a été publié en 2007. Le cinquième (AR5) le sera en 2013/2014.

**Biome** – Le biome est une vaste région biogéographique s’étendant sous un même climat et renfermant des groupes distincts de végétaux et d’animaux. Il est constitué d’un ensemble limité d’habitats principaux, et se caractérise par les variétés végétales prédominantes qu’il contient. Les prairies, les déserts, les forêts de feuillus ou de conifères et les toundras constituent des biomes. Chaque biome renferme plusieurs écosystèmes différents, mais adaptés aux conditions climatiques et environnementales limitées qui caractérisent ce biome.

**CAT** – Le Climate Action Tracker (CAT) est un système indépendant d’évaluation scientifique qui fait un suivi des engagements pris et des mesures mises en œuvre par différents pays pour réduire leurs émissions. Les estimations des émissions futures déduites à partir des rapports du CAT servent à l’analyse des scénarios du niveau de réchauffement qui découleraient des politiques en vigueur : a) *Scénario CAT de référence – statu quo*, qui prend en compte les politiques climatiques en vigueur, mais pas les promesses de réduction d’émissions ; b) *Scénario CAT – engagements actuels*, qui incorpore les réductions qui pourraient être réalisées à l’échelle mondiale en vertu des engagements pris par les différents pays.

**CMIP5** – La 5<sup>e</sup> phase du projet d’intercomparaison de modèles couplés a rassemblé 20 groupes de MCG à la fine pointe du progrès qui ont généré un vaste ensemble de données de projection climatique comparables. Le projet fournit un cadre pour la coordination des expériences sur les changements climatiques ; il comprend des simulations qui ont servi aux évaluations dont fait état le cinquième rapport d’évaluation du Groupe d’experts intergouvernemental sur l’évolution du climat (GIEC).

**Effet fertilisant du CO<sub>2</sub>** – L’effet fertilisant du CO<sub>2</sub> peut stimuler la photosynthèse (surtout chez les plantes C3) et accroître l’efficacité de l’utilisation de l’eau, ce qui peut conduire à une augmentation du volume et de la masse du grain produit. Cet effet pourrait dans une certaine mesure atténuer l’incidence négative du changement climatique, mais il risque par contre de provoquer une baisse de la teneur en protéines du grain. L’effet à long terme reste incertain puisqu’il dépend étroitement d’une possible acclimatation physiologique à long terme à une hausse de la concentration de CO<sub>2</sub> atmosphériques, ainsi que d’autres facteurs limitants comme les nutriments du sol, l’eau et la lumière.

**Exceptionnel et sans précédent** – Dans le présent rapport, les vagues de chaleur « exceptionnelles » et « sans précédent » sont définies à l’aide des seuils établis à partir de la variabilité historique du climat local actuel. Le niveau absolu du seuil dépend ainsi de la variabilité annuelle naturelle observée pendant la période de référence (1951–1980), définie par la valeur de l’écart-type (*sigma*). Les vagues de chaleur « exceptionnelles » sont notées 3 *sigma*. Compte tenu d’une distribution normale, les événements 3 *sigma* ont une période de récurrence de 740 ans. Les vagues de chaleur qui ont frappé les États-Unis

en 2012 et la Russie en 2010 ont été notées 3 *sigma* et sont donc considérées comme exceptionnelles. Les vagues de chaleur « sans précédent » sont des événements notés 5 *sigma* ; elles ont une période de récurrence de plusieurs millions d'années. Les données mensuelles de température ne suivent pas nécessairement une distribution normale (par exemple, certaines distributions peuvent présenter de longues queues, donnant ainsi à conclure à un plus grand risque de vague de chaleur), et les périodes de récurrence peuvent s'écarter des valeurs prévues par la distribution normale. Quoi qu'il en soit, les événements 3 *sigma* restent très peu probables, et les événements 5 *sigma* ne se sont presque certainement jamais produits dans le passé.

**Grave et extrême** – Ces qualificatifs servent à désigner des conséquences (négatives) hors de l'ordinaire. On les associe souvent à d'autres qualificatifs tels que « exceptionnel » et « sans précédent » qui ont un sens quantitatif précis (voir « Exceptionnel et sans précédent »).

**Hyper-aridité** – Les zones terrestres affichant un très faible indice d'aridité (IA) sont habituellement désertiques. Il n'existe pas de gamme normalisée universelle des valeurs de l'hyper-aridité. Dans le présent rapport, on considère comme « hyper-aride » une zone dont l'indice d'aridité oscille entre 0 et 0,05.

**Indice d'aridité** – L'indice d'aridité (IA) sert à recenser les régions qui se caractérisent par leur « aridité structurelle », c'est-à-dire qui affichent un déficit pluviométrique à long terme. On l'établit en divisant la valeur des précipitations annuelles totales par l'évapotranspiration potentielle, laquelle correspond au volume d'eau requis pour assurer la croissance, pendant un an, d'un type de culture représentatif en fonction des conditions locales — température, rayonnement solaire incident, vitesse du vent — et constitue une mesure normalisée de la demande d'eau.

**ISI-MIP** – Le Projet d'intercomparaison de modèles d'impacts intersectoriels (ISI-MIP) est une initiative communautaire de modélisation qui fournit des évaluations d'impacts transsectorielles fondées sur les scénarios climatiques [Profils représentatifs d'évolution de concentration (RCP)] et socio-économiques récemment mis au point. L'exercice a porté sur plus de 30 modèles couvrant cinq secteurs : agriculture, ressources hydriques, biomes, santé et infrastructures.

**MAGICC** – Modèle du cycle du carbone / climatique « simplifié », utilisé ici dans un cadre probabiliste pour fournir la « meilleure estimation possible » des projections du réchauffement

moyen à l'échelle de la planète avec des plages d'incertitude liées à l'incertitude qui entoure le cycle du carbone, le système climatique et la sensibilité du climat. Comparativement aux modèles du cycle du carbone de grande complexité, ce modèle, qui est limité par les observations historiques des températures hémisphériques océaniques et terrestres et les estimations historiques de l'absorption de chaleur par les océans, détermine d'une manière fiable la charge que représentent les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> et fournit également des prévisions du réchauffement planétaire moyen près de la surface conformes aux estimations des MCG.

**MCG** – Les modèles de circulation générale sont les modèles climatiques les plus avancés pour la prévision des changements climatiques dus à l'augmentation des concentrations de GES, aux aérosols et à des phénomènes de forçage radiatif comme l'activité solaire et les éruptions volcaniques. Ces modèles proposent des représentations numériques, présentées sur une grille tridimensionnelle globale, des processus physiques qui se déroulent dans l'atmosphère, les océans et la cryosphère, ainsi qu'à la surface de la terre. La génération actuelle de MCG offre une résolution horizontale typique de 100 à 300 km.

**Niveaux de l'époque préindustrielle (conséquences d'un réchauffement de 0,8 °C)** – Les relevés historiques de la température effectués au moyen d'instruments montrent que la moyenne mondiale de la température de l'air mesurée près de la surface de la terre sur 20 ans (de 1986 à 2005) dépasse d'environ 0,6 °C celle établie pour la période 1851-1879. On observe toutefois des variations annuelles considérables, et les données sont marquées d'incertitude. De plus, le réchauffement moyen établi pour la période de 20 ans écoulée de 1986 à 2005 n'est pas nécessairement représentatif de celui en cours actuellement. L'estimation, à l'aide d'un ajustement linéaire, de la tendance affichée au cours de la période 1901-2010 donne à conclure à un réchauffement de 0,8 °C depuis le « début de l'ère industrielle ». Les températures moyennes de l'air mesurées près de la surface à l'aide d'instruments à l'échelle de la planète sont conservées depuis 1850 environ. Le nombre de stations de mesure, limité au départ, a augmenté rapidement au fil du temps. L'industrialisation battait déjà son plein entre 1850 et 1900, ce qui signifie que le choix de la période 1851-1879 en guise de référence, ou de l'année 1901 comme point de référence de l'analyse de la tendance linéaire, pourrait conduire à sous-estimer le réchauffement actuel et futur. Cependant, les émissions mondiales de GES à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle étaient toujours limitées, et la reconstitution des conditions de température qui existaient avant cette période s'entoure d'une incertitude beaucoup plus grande.

**Plantes C3/C4** – On distingue en photosynthèse deux types de « voies » biochimiques. Les plantes C3 représentent plus de 85 % de toutes les plantes de la planète (la plupart des arbres, le blé, le riz, l'igname et la pomme de terre) et s'accroissent bien des conditions humides et d'une augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Les plantes C4 (par exemple, les herbacées des savanes, le maïs, le sorgho, le millet et la canne à sucre) utilisent l'eau et l'énergie plus efficacement et poussent mieux que les plantes C3 sous les climats chauds et secs.

**PIB (produit intérieur brut)** – Somme de la valeur brute ajoutée par l'ensemble des producteurs résidents dans l'économie, majorée des taxes (minorée des subventions) qui ne sont pas incluses dans l'évaluation des produits. Le PIB est calculé sans tenir compte de la dépréciation des biens fabriqués ni de l'épuisement et de la dégradation des ressources naturelles. Le **PIB (PPA)** par habitant est le PIB en parité de pouvoir d'achat, divisé par la population. Il convient de noter que si les estimations de la PPA établies pour les pays de l'OCDE sont passablement fiables, celles calculées pour les pays en développement ne sont souvent que des approximations grossières.

**RCP** – Les Profils représentatifs d'évolution de concentration (*Representative Concentration Pathways*) se fondent sur des scénarios soigneusement choisis aux fins des travaux sur les modèles d'évaluation intégrés, la modélisation climatique et l'analyse d'impacts. Ce travail s'appuie sur de nouvelles données économiques, des informations sur les technologies émergentes et des observations sur les facteurs environnementaux — par exemple, changements d'utilisation et de couverture des sols — recueillies pendant près d'une décennie. Au lieu de partir de scénarios socioéconomiques détaillés pour élaborer des scénarios d'émissions, les RCP forment des ensembles cohérents de projections portant uniquement sur les composantes du forçage radiatif (perturbation du bilan radiatif, c'est-à-dire écart entre la part du rayonnement incident absorbé par la terre et son atmosphère et le rayonnement thermique réémis par cet ensemble vers l'espace, causé principalement par des variations dans la composition de l'atmosphère) qui doivent servir d'intrants pour la modélisation climatique. Les RCP ne sont pas associés à des scénarios socioéconomiques ou à des scénarios d'émissions uniques, mais peuvent plutôt résulter de diverses

combinaisons de développement économique, technologique, démographique, stratégique et institutionnel.

**RCP2.6** – Scénario représentatif des scénarios de réduction des émissions décrits dans la documentation spécialisée et visant à limiter l'augmentation de la température moyenne de la planète à + 2 °C par rapport à la période préindustrielle. Ce profil d'évolution de la concentration des émissions est utilisé dans plusieurs des études qui font l'objet d'une évaluation dans le cinquième rapport du GIEC (AR5) ; il constitue également le scénario de « faibles émissions » sur lequel reposent les évaluations d'impacts présentées dans d'autres parties de ce rapport. Dans le présent rapport, le scénario RCP2.6 est celui d'un monde à + 2°C.

**RCP8.5** – Scénario représentatif d'une situation caractérisée par l'absence d'une politique climatique de base et par des émissions de GES comparativement élevées utilisé dans beaucoup des études évaluées dans le cadre de la préparation du cinquième rapport d'évaluation du GIEC (AR5). Il constitue également le scénario d'« émissions élevées » sur lequel reposent les évaluations d'impacts présentées dans d'autres parties de ce rapport. Dans le présent rapport, le scénario RCP8.5 est celui d'un monde à + 4°C par rapport à la période préindustrielle.

**SRES** – Le Rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émissions (SRES), publié par le GIEC en 2000, a fourni les projections climatiques utilisées dans le quatrième rapport d'évaluation (AR4) de ce groupe d'experts. Les hypothèses concernant les mesures d'atténuation n'y figurent pas. Le SRES se penche sur 40 scénarios différents qui se fondent chacun sur diverses hypothèses concernant les forces motrices déterminant l'évolution future des émissions de GES. Les scénarios sont groupés en quatre familles couvrant un large éventail de scénarios d'émissions élevées et faibles.

**SREX** – En 2012, le GIEC a publié un rapport spécial intitulé « Gérer les risques d'événements extrêmes et de catastrophes pour améliorer l'adaptation au changement climatique » (SREX). Ce rapport présente une évaluation des facteurs physiques et sociaux qui influent sur la vulnérabilité aux catastrophes climatiques et offre un aperçu des moyens qui pourraient permettre de gérer efficacement les risques de catastrophes.



