



GROUPE D'EXPERTS INTERGOUVERNEMENTAL SUR L'ÉVOLUTION DU CLIMAT



LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES ET LA BIODIVERSITÉ

Document technique V du GIEC





Les changements climatiques et la biodiversité

Publié sous la direction de

Habiba Gitay
Université nationale d'Australie

Avelino Suárez
Ministère des Sciences, des
Technologies et de l'Environnement
(Cuba)

Robert T. Watson
Banque mondiale

David Jon Dokken
University Corporation for Atmospheric
Research

Le présent document technique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat a été élaboré à la demande de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique. Les éléments d'information rassemblés ici ont été vérifiés par des experts et divers gouvernements, mais n'ont pas été examinés par le Groupe aux fins d'une éventuelle acceptation ou approbation.

Avril 2002

Le présent document a été préparé sous les auspices du Président du GIEC, Dr. Robert T. Watson, et organisé par le Service d'appui technique du Groupe de travail II du GIEC.

© 2002, Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat

ISBN: 92-9169-104-7

Photo de couverture: Topham Picturepoint 2001/PNUE (Shoukyu)

Table des matières

Préface	v
Résumé	1
1. Historique et genèse de la demande de Document technique	3
2. Introduction	3
2.1. Définition de la diversité biologique dans le contexte du présent document	3
2.2. Importance de la diversité biologique	3
2.3. Pressions sur la diversité biologique imputables aux activités humaines	3
2.4. Définitions du GIEC des incidences, de l'adaptation et de l'atténuation	4
3. Changements climatiques observés	4
3.1. Changements observés sur les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et les aérosols	4
3.2. Changements observés sur les températures à la surface et les précipitations	4
3.3. Changements observés sur la couverture neigeuse, la glace marine et fluviale, les glaciers et le niveau de la mer	5
3.4. Changements observés sur la variabilité climatique	6
3.5. Changements observés sur les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes	6
4. Changements climatiques prévus	7
4.1. Changements prévus pour les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et des aérosols	9
4.2. Changements prévus pour les températures à la surface de la terre et les précipitations	10
4.3. Changements prévus pour la variabilité climatique et les phénomènes climatiques extrêmes	10
4.4. Changements prévus pour la couverture neigeuse, la glace marine et fluviale, les glaciers et le niveau de la mer	11
5. Changements associés aux changements climatiques observés sur les écosystèmes terrestres et marins	11
5.1. Changements observés sur les répartitions, les populations et la composition des communautés d'espèces terrestres (y compris l'eau douce)	11
5.2. Changements observés sur les systèmes côtiers et marins	13
6. Incidences prévues des changements climatiques moyens et des phénomènes climatiques extrêmes sur les écosystèmes terrestres (y compris aquatiques) et marins	14
6.1. Méthodes de modélisation utilisées pour la prévision des incidences des changements climatiques sur les écosystèmes et leur diversité biologique	14
6.2. Incidences prévues sur la diversité biologique des systèmes terrestres et d'eau douce	16
6.2.1. Incidences prévues sur les individus, les populations, les espèces et les écosystèmes	16
6.2.2. Diversité biologique et changements de la productivité	19
6.3. Incidences prévues sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et marins	20
6.3.1. Incidences prévues sur les écosystèmes des régions côtières	20
6.3.2. Incidences prévues sur les écosystèmes marins	21
6.4. Espèces vulnérables et écosystèmes (terrestres, côtiers et marins)	22
6.5. Incidences des changements de la diversité biologique sur le climat régional et mondial	22

6.6.	Incidences prévues sur les populations traditionnelles et autochtones	23
6.7.	Incidences régionales	24
7.	Incidences possibles des mesures d'atténuation des changements climatiques sur la diversité biologique	24
7.1.	Incidences possibles du boisement, reboisement et prévention du déboisement sur la diversité biologique.....	35
7.1.1.	Incidences possibles de la réduction du déboisement sur la diversité biologique	35
7.1.2.	Incidences possibles du boisement et du reboisement sur la diversité biologique	36
7.2.	Incidences possibles sur la diversité biologique de la gestion des terres à des fins d'atténuation des changements climatiques	36
7.2.1.	Incidences potentielles sur l'agroforesterie	36
7.2.2.	Incidences possibles de la gestion des forêts	37
7.2.3.	Incidences possibles des mesures d'atténuation dans le secteur de l'agriculture	37
7.2.4.	Incidences possibles de la gestion des prairies et des terres à pâturages	37
7.3.	Incidences possibles sur la diversité biologique des nouvelles technologies énergétiques	37
7.3.1.	L'utilisation de fours à bois performants et du biogaz pour la cuisson et leurs incidences possibles sur la diversité biologique	37
7.3.2.	Incidences possibles de l'augmentation de l'utilisation de l'énergie de la biomasse	37
7.3.3.	Incidences possibles de l'énergie hydroélectrique	38
7.3.4.	Incidences possibles de l'énergie éolienne	39
7.3.5.	Incidences possibles de l'énergie solaire	39
7.3.6.	Incidences possibles du stockage de carbone	39
7.4.	Incidences possibles de l'augmentation du stockage biologique par les océans	40
8.	Mesures d'adaptation et diversité biologique	40
8.1.	Options d'adaptation destinées à atténuer les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes et la diversité biologique	40
8.2.	Conséquences des mesures d'adaptation sur les écosystèmes et la diversité biologique	41
8.3.	Synergies entre la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et les changements climatiques	42
9.	Approches possibles pour l'évaluation des incidences des mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques sur la diversité biologique et d'autres aspects du développement durable	43
10.	Lacunes identifiées en matière d'information et d'évaluations	44
	Remerciements	44
	Annexes	45
A.	Liste des ouvrages pertinents sur la diversité biologique et les changements climatiques publiés depuis 1999–2000	45
B.	Glossaire	60
C.	Acronymes et abréviations	73
D.	Liste des rapports principaux du GIEC	74

Préface

Le présent Document technique du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), intitulé Changements climatiques et diversité biologique, est le cinquième publié dans la série des documents techniques du GIEC. Il a été élaboré à la demande de l'Organe subsidiaire de conseil scientifique, technique et technologique (SBSTTA) qui relève de la Convention des Nations unies sur la diversité biologique.

Comme pour tout Document technique du GIEC, le texte du présent Document technique a été établi à partir des rapports d'évaluation et des rapports spéciaux du GIEC approuvés/adoptés/acceptés, et a été rédigé par des auteurs principaux sélectionnés dans ce but. Une fois le projet de texte établi, celui-ci a été soumis simultanément à des experts et aux divers gouvernements pour révision finale. Le Bureau du GIEC tient le rôle de comité de rédaction et veille à ce que les auteurs principaux, quand ils parachèvent le document, tiennent compte des remarques issues des révisions.

Lors de la vingt-cinquième session (Genève, 15–16 avril 2002), le Bureau du GIEC a examiné les principales remarques que les gouvernements avaient envoyées après vérification finale. Les auteurs principaux ont ensuite terminé le document technique à sa demande et en tenant compte de ses observations. Le Bureau du GIEC a donné son autorisation pour que ce document technique soit communiqué au SBSTTA, puis publié.

Nous sommes très reconnaissants aux auteurs principaux (dont la liste figure dans le document) qui ont très généreusement consacré leur temps à ce document et qui l'ont terminé en temps voulu. Nous remercions également David Dokken qui a assisté les auteurs principaux coordinateurs pour la préparation du document.

R.T. Watson
Président du GIEC

N. Sundararaman
Secrétaire général du GIEC

Les changements climatiques et la diversité biologique

Elaboré à la demande de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique
et préparé sous l'égide du Président du GIEC, Dr. Robert T. Watson

Auteurs coordinateurs principaux

Habiba Gitay (Australie), Avelino Suárez (Cuba), et Robert Watson

Auteurs principaux

Oleg Anisimov (Russie), F.S. Chapin (États-Unis), Rex Victor Cruz (Philippines), Max Finlayson (Australie), William Hohenstein (États-Unis), Gregory Insarov (Russie), Zbigniew Kundzewicz (Pologne), Rik Leemans (Pays-Bas), Chris Magadza (Zimbabwe), Leonard Nurse (Barbades), Ian Noble (Australie), Jeff Price (États-Unis), N.H. Ravindranath (Inde), Terry Root (États-Unis), Bob Scholes (Afrique du Sud), Alicia Villamizar (Vénézuéla), et Xu Rumei (Chine)

Collaborateurs

Osvaldo Canziani (Argentine), Ogunlade Davidson (Sierra Leone), David Griggs (Royaume-Uni), James McCarthy (États-Unis), et Michael Prather (États-Unis)

Résumé exécutif

À l'échelle mondiale, les activités humaines ont causé et continueront de causer un appauvrissement de la biodiversité¹ en raison, notamment, de l'utilisation des terres et des changements d'affectation des terres; de la pollution et dégradation (y compris la désertification) des sols et de l'eau, de la pollution atmosphérique; de la diversion des ressources en eau au profit d'écosystèmes à gestion intensive et de systèmes urbains; de la fragmentation des habitats; de l'exploitation sélective des espèces; de l'introduction d'espèces étrangères; de l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique. Le rythme actuel d'appauvrissement de la diversité biologique est supérieur à celui de l'extinction naturelle. Le présent Document technique examine la question de savoir dans quelle mesure les changements climatiques (naturels ou anthropiques) renforcent ou préviennent cet appauvrissement de la diversité biologique.

Les changements climatiques exercent une pression supplémentaire et ont déjà commencé à influencer sur la diversité biologique. Les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont augmenté depuis l'époque préindustrielle en raison des activités humaines, principalement la combustion des combustibles fossiles et les changements d'affectation des terres et de la couverture terrestre. En conjonction avec les forces naturelles, ceci a contribué à des changements climatiques mondiaux au cours du XX^e siècle: on a observé une augmentation des températures à la surface de la terre et des océans, une modification des configurations spatio-temporelles des précipitations, une élévation du niveau de la mer, une augmentation de la fréquence et de l'intensité des phénomènes El Niño. Ces changements, en particulier l'élévation des températures régionales, ont eu des incidences sur les périodes de reproduction animale et végétale et/ou la migration animale, la durée de la saison de croissance, la répartition des espèces et les densités des populations, la fréquence des infestations parasitaires et des maladies. Certains écosystèmes côtiers, à latitudes et altitudes élevées, ont également subi les effets des variations des paramètres climatiques régionaux.

Selon les prévisions, les changements climatiques devraient influencer sur tous les aspects de la diversité biologique; toutefois, ces prévisions doivent tenir compte des incidences d'autres activités humaines passées, présentes et futures, y compris l'augmentation des concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO₂). Selon les indications du large éventail de scénarios d'émissions du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la température moyenne à la surface de la terre devrait augmenter de 1,4 à 5,8°C d'ici la fin du XXI^e siècle, avec un réchauffement plus important pour les zones terrestres et les latitudes élevées que pour les océans et les régions tropicales. L'élévation du niveau de la mer devrait être de l'ordre de 0,09 à 0,88 m. En général, on prévoit une augmentation des précipitations dans les zones à latitudes élevées et les régions équatoriales et une diminution dans les régions sub-tropicales, avec augmentation des fortes précipitations. Les changements climatiques devraient avoir des incidences sur les organismes individuels, les populations, la répartition des espèces et la composition et fonction des écosystèmes, directement (suite à l'élévation des températures et aux variations des précipitations et, dans le cas des écosystèmes marins et côtiers, aux changements du niveau de la mer et des ondes de tempêtes) et indirectement (suite au changement de l'intensité et de la fréquence des perturbations telles que les feux de friches). Des processus tels que la disparition, la modification et la fragmentation des habitats, et l'introduction et l'expansion d'espèces étrangères influenceront sur les incidences des

changements climatiques. Une prévision réaliste de l'état futur des écosystèmes mondiaux doit tenir compte des types d'utilisation des ressources terrestres et marines par les populations humaines, lesquels auront d'importantes répercussions sur la capacité de migration des organismes confrontés aux changements climatiques.

Les changements climatiques anthropiques prévus auront pour effet général le déplacement des habitats de nombreuses espèces vers le pôle ou en altitude par rapport à leurs emplacements actuels. Les changements climatiques influenceront différemment sur les espèces; celles-ci connaîtront des taux de migration différents, dans des paysages fragmentés, et les preuves de ces changements n'apparaîtront que lentement dans les écosystèmes dominés par des espèces à longue durée de vie (arbres longévifs, etc.). Un changement de la composition de la majorité des écosystèmes actuels est probable, étant donné que les migrations des espèces composant un écosystème ne seront pas simultanées. Les changements les plus rapides sont prévus dans les régions où ils seront accélérés par des variations des régimes de perturbations non climatiques naturelles et anthropiques.

Les changements de la fréquence, de l'intensité, de l'étendue et de la situation des perturbations, influenceront sur les risques et le rythme de remplacement des écosystèmes existants par de nouveaux écosystèmes végétaux et animaux. Les perturbations peuvent accélérer la disparition des espèces et créer des opportunités pour l'établissement de nouvelles espèces.

À l'échelle mondiale, d'ici 2080, environ 20 % des zones humides côtières pourraient avoir disparu à la suite de l'élévation du niveau de la mer. Les incidences de l'élévation du niveau de la mer sur les écosystèmes côtiers (mangroves/zones humides côtières/herbiers marins, etc.) varieront selon les régions et selon les processus d'érosion par la mer et les dépôts d'origine terrestre. Certaines mangroves dans des petites îles ou des régions côtières de faible élévation où l'on observe une forte sédimentation et de faibles processus d'érosion ne seront peut-être pas particulièrement vulnérables à l'élévation du niveau de la mer.

Les risques d'extinction augmenteront pour de nombreuses espèces déjà vulnérables. Les espèces ayant des aires de répartition climatiques restreintes et/ou des besoins très spécifiques en matière d'habitat et/ou de petites populations sont généralement les plus vulnérables face au risque d'extinction. Ceci est le cas, par exemple, des espèces montagneuses endémiques et des biotes insulaires (oiseaux, etc.), des péninsules (le Royaume fleuri du Cap, etc.), ou des zones côtières (mangroves, zones humides côtières et récifs coralliens, etc.). À l'opposé, les risques d'extinction sont moindres pour les espèces ayant des aires de répartition étendues et continues, des mécanismes de dispersion à grande échelle et d'importantes populations. Si peu de preuves existent quant à un ralentissement possible de l'appauvrissement des espèces du fait des changements climatiques, certaines preuves indiquent que ces changements risquent d'augmenter l'appauvrissement des espèces. La biodiversité de certaines régions pourrait augmenter — en général, du fait d'introductions d'espèces, dont les conséquences à long terme sont difficiles à prévoir.

¹ Dans le présent Document technique, le terme biodiversité est utilisé comme synonyme de diversité biologique.

Dans les écosystèmes fortement perturbés (disparition des espèces dominantes ou d'une proportion importante des espèces, ou réduction de la redondance, etc.) il pourra y avoir une diminution de la productivité nette des écosystèmes (PNE), tout au moins pendant la période de transition. Cependant, dans de nombreux cas, l'appauvrissement à grande échelle de la diversité biologique dans les écosystèmes dû aux changements climatiques ne signifie pas nécessairement une diminution de la productivité, étant donné le degré de redondance présent dans la plupart des écosystèmes. Dans un écosystème, la contribution productive d'une espèce qui disparaît peut être remplacée par celle d'une autre espèce. À l'échelle mondiale les effets des changements climatiques sur la diversité biologique et les répercussions ultérieures sur la productivité n'ont pas été estimés.

Les changements de la diversité biologique à l'échelle des écosystèmes et des paysages, en réponse aux changements climatiques et autres pressions (déboisement et variations des feux forestiers, etc.) devraient à leur tour influencer sur le climat mondial et régional en modifiant l'absorption et l'émission des gaz à effet de serre, ainsi que l'albédo et l'évapotranspiration. De même, des changements de la structure des communautés biologiques des couches océaniques supérieures pourraient modifier l'absorption de CO₂ par les océans ou l'émission de précurseurs pour la formation des noyaux de condensation pour les nuages, et créer des rétroactions positives ou négatives sur les changements climatiques.

La modélisation des changements de la diversité biologique en réponse aux changements climatiques s'avère difficile. Les données et les modèles nécessaires à la prévision de l'ampleur et de la nature des futurs changements au sein des écosystèmes et de la répartition géographique des espèces sont incomplets, et, par conséquent, ces effets ne peuvent être que partiellement quantifiés.

Les incidences des mesures d'atténuation des changements climatiques sur la diversité biologique dépendent du contexte, du type, et de la mise en œuvre de ces mesures. L'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et les activités forestières (boisement, reboisement, prévention du déboisement, et amélioration de la gestion des forêts, des cultures et des pâturages) et l'utilisation de sources d'énergie renouvelable (énergie hydroélectrique, énergie éolienne, solaire et biocombustibles) peuvent influencer sur la diversité biologique en fonction du choix des emplacements et des méthodes de gestion. Par exemple, 1) des projets de boisement et reboisement peuvent avoir des incidences bénéfiques, neutres ou adverses, selon la biodiversité de l'écosystème non forestier remplacé, l'échelle étudiée, et d'autres facteurs relatifs à la conception et à la mise en œuvre; 2) la prévention et la réduction de la dégradation dans des écosystèmes forestiers menacés/vulnérables abritant des ensembles d'espèces d'une diversité inhabituelle, mondialement rares, ou uniques à cette région peuvent être source de bénéfices importants pour la biodiversité tout en prévenant les émissions de carbone; 3) des plantations bioénergétiques à grande échelle à hauts rendements auront des effets adverses sur la biodiversité si elles remplacent des systèmes plus riches en biodiversité, alors que des plantations à petite échelle sur des terres dégradées ou des terres agricoles en friche pourraient bénéficier à l'environnement; et 4) l'amélioration de l'efficacité de la production et/ou de l'utilisation de l'énergie fournie par les combustibles fossiles peut réduire l'utilisation de ces combustibles et donc diminuer les incidences sur la biodiversité de l'extraction, du transport (transport maritime, pipelines, etc.), et de la combustion de ces combustibles.

Les mesures d'adaptation aux changements climatiques peuvent promouvoir la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et diminuer les incidences des changements climatiques et des extrêmes climatiques sur la diversité biologique. Ces mesures incluent la création d'une mosaïque de réserves terrestres, d'eau douce et d'eau de mer polyvalentes interconnectées et conçue en tenant compte des changements climatiques prévus, ainsi que des mesures intégrées pour la gestion des terres et de l'eau ayant pour but de réduire les contraintes non climatiques sur la biodiversité et donc d'atténuer la vulnérabilité des systèmes face à l'évolution climatique. Certaines de ces mesures d'adaptation peuvent aussi réduire la vulnérabilité des populations aux extrêmes climatiques.

Ces mesures d'adaptation et d'atténuation peuvent être plus efficaces lorsqu'elles sont intégrées à des stratégies plus générales visant à renforcer la durabilité des voies de développement. Il existe des possibilités de synergies et d'interactions environnementales et sociales entre les mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques (projets et politiques), et les objectifs des accords environnementaux multilatéraux (objectif de conservation et d'utilisation durable de la Convention sur la diversité biologique, etc.) ainsi que d'autres aspects du développement durable. On peut évaluer ces synergies et interactions pour la totalité des mesures potentielles—notamment, énergie et projets ou mesures d'utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie par une évaluation des incidences environnementales et sociales au niveau des projets, des secteurs et des régions — et les comparer à des critères et des indicateurs à l'aide de divers cadres de travail décisionnels. Dans cette optique, les méthodes, critères et indicateurs d'évaluation actuels des effets des mesures d'atténuation et d'adaptation sur la diversité biologique et autres aspects du développement durable devront être adaptés et développés.

Parmi les besoins identifiés en matière d'information et d'évaluations, on peut citer :

- L'amélioration des connaissances sur l'interaction entre la diversité biologique, la structure et la fonction des écosystèmes, et la dispersion et/ou la migration dans des paysages fragmentés
- Une meilleure compréhension de la réponse de la biodiversité aux changements des facteurs climatiques et autres pressions
- Le développement de modèles à résolution appropriée pour des écosystèmes et des changements climatiques transitoires, en particulier pour la quantification des incidences des changements climatiques sur la biodiversité à toutes les échelles, avec prise en compte des rétroactions
- Une meilleure compréhension des incidences locales et régionales sur la biodiversité des options d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques
- La poursuite du développement de méthodes, critères, et indicateurs pour l'évaluation des incidences sur la biodiversité et sur les autres aspects du développement durable des mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques
- L'identification de mesures et de politiques pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité, susceptibles d'avoir des effets positifs sur les options d'adaptation et d'atténuation.

1. Historique et genèse de la demande de Document technique

L'Organe subsidiaire de conseil scientifique, technique et technologique (SBSTTA), qui relève de la Convention des Nations Unies sur la diversité biologique (CDB), a demandé officiellement au GIEC d'établir un Document technique sur les changements climatiques et la biodiversité portant sur trois points spécifiques:

- Les incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et les effets de l'appauvrissement de cette diversité sur les changements climatiques
- Les incidences potentielles sur la diversité biologique des mesures d'atténuation susceptibles d'être mises en œuvre en vertu de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et son Protocole de Kyoto, et l'identification des mesures d'atténuation potentielles qui contribuent également à la conservation et à l'utilisation durable de la diversité biologique
- La contribution potentielle de la conservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique aux mesures d'adaptation aux changements climatiques.

Cette demande a été examinée par le GIEC lors de sa XVII^e session (Nairobi, Kenya, 4-6 avril 2001) et a été approuvée lors de sa XVIII^e session (Wembley, Royaume-Uni, 24-29 septembre 2001).

Comme pour tout Document technique du GIEC, l'information présentée dans le présent Document technique a été établie à partir des rapports du GIEC approuvés/adoptés/acceptés, en particulier du Troisième Rapport d'évaluation (TRE), y compris du Document de synthèse (DDS), du Rapport spécial sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (RSUTCATF) et du Rapport spécial sur les incidences régionales des changements climatiques (IRCC). Ces rapports ne visaient pas à fournir une évaluation complète des liens existant entre les changements climatiques et la biodiversité (ils contiennent des informations limitées sur l'incidence sur le climat des futurs changements de la biodiversité, sur les implications des changements climatiques sur la biodiversité au plan génétique, et sur la contribution potentielle de la conservation et de l'utilisation durable de la biodiversité aux mesures d'adaptation aux changements climatiques). Le lecteur devra donc être conscient que ces réserves au sujet des rapports antérieurs du GIEC s'appliquent également à l'information contenue dans le présent document. Des documents pertinents à l'objet du présent document, parus après la publication du TRE, sont répertoriés dans l'Annexe A (aucun d'eux n'a été utilisé lors de la rédaction du présent document).

Le présent Document technique résume les informations contenues dans les rapports du GIEC et pertinentes à la requête de la CDB. Les Sections 3 et 4 examinent les changements climatiques observés et prévus concernant la biodiversité; les Sections 5 et 6 les incidences observées et prévues des changements climatiques sur la diversité biologique; les Sections 7 et 8 les incidences sur la biodiversité des mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques; la Section 9 les méthodes, critères et indicateurs d'évaluation utilisables pour l'évaluation des effets environnementaux et socio-économiques des mesures d'atténuation et d'adaptation; et la Section 10 les besoins identifiés en matière d'information et d'évaluation. S'il y a lieu, les références à des rapports du GIEC antérieurs sont indiquées entre crochets à la suite de paragraphes spécifiques (voir Annexe C pour la nomenclature).

2. Introduction

2.1. Définition de la diversité biologique dans le contexte du présent document

Selon la définition de la CDB, la diversité biologique est «la variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques dont ils font partie; cela comprend la diversité au sein des espèces et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes.» Le GIEC souligne lui aussi ces trois niveaux — à savoir, génétique, espèces et écosystème. Les changements climatiques influent directement sur les fonctions des organismes individuels (croissance et comportement, etc.), modifient les populations (effectifs et structure par âges, etc.), et influent sur la structure et la fonction des écosystèmes (décomposition, cycle des substances nutritives, débits d'eau, composition et interactions des espèces, etc.) et sur la répartition des écosystèmes dans les paysages; et indirectement, par le biais, par exemple, des modifications des régimes de perturbations. Aux fins du présent document, on suppose que les changements de la structure et de la fonction des écosystèmes sont liés à des changements de certains aspects de la biodiversité.

2.2. Importance de la diversité biologique

Le présent document examine la diversité biologique au sein des écosystèmes à gestion intensive (agriculture, foresterie et aquaculture) et à gestion non intensive² (terres à pâturages, forêts indigènes, écosystèmes d'eau douce et océans, etc.). Il reconnaît également la valeur intrinsèque de la biodiversité, indépendamment des besoins et des intérêts humains.

Les écosystèmes sont à l'origine d'une multitude de biens et de services essentiels à la survie humaine. Certaines communautés autochtones et rurales sont particulièrement dépendantes de ces biens et services pour leur subsistance. Les denrées alimentaires, les fibres, les combustibles et l'énergie, le fourrage, les produits médicinaux, l'eau propre, l'air propre, le contrôle des inondations/orages, la pollinisation, la dissémination des graines, le contrôle des parasites et des maladies, la formation et la gestion des sols, la biodiversité, les valeurs culturelles, spirituelles, esthétiques et récréatives, figurent parmi ces biens et services. Les écosystèmes ont aussi un rôle critique pour les processus biogéochimiques sous-jacents au fonctionnement des systèmes mondiaux. [GTII TRE Section 5.1]

2.3. Pressions sur la diversité biologique imputables aux activités humaines

Notre planète est soumise à un grand nombre de pressions anthropiques et naturelles, désignées sous le nom collectif de changements mondiaux. Ces pressions incluent notamment des pressions résultant d'une demande accrue de ressources; de l'exploitation sélective ou de la destruction des espèces; des changements d'affectation des terres et de la couverture terrestre; de l'accélération des dépôts azotés anthropiques; de la pollution terrestre, hydrique et atmosphérique; de l'introduction d'espèces étrangères; du détournement de l'eau en faveur d'écosystèmes à gestion intensive et de systèmes urbains; de la fragmentation ou de l'unification des paysages; et de l'urbanisation et de l'industrialisation. Les changements climatiques³ représentent une pression supplémentaire sur les écosystèmes, sur leur biodiversité et sur les biens et services qu'ils fournissent. Étant donné la multi-

² Une gestion non intensive inclut les systèmes non gérés.

plicité et l'interactivité des pressions exercées sur les écosystèmes mondiaux, il est difficile de quantifier les incidences des changements climatiques. [GTII TRE Section 5.1]

2.4. Définitions du GIEC des incidences, de l'adaptation et de l'atténuation

Les changements climatiques prévus incluent l'élévation des températures, la variation des précipitations, l'élévation du niveau de la mer, et l'augmentation de la fréquence et de l'intensité de certains phénomènes climatiques extrêmes entraînant une augmentation de la variabilité climatique. Leurs incidences⁴ incluent des changements de nombreux aspects de la biodiversité et des régimes de perturbations (changement de la fréquence et de l'intensité des feux, des parasites et des maladies, etc.), et certaines d'entre elles pourraient être réduites par des mesures d'adaptation. Des systèmes sont dits vulnérables⁵ s'ils sont exposés et/ou sensibles aux changements climatiques et/ou si les possibilités d'adaptation sont limitées. On entend par atténuation une intervention anthropique visant à réduire les émissions nettes de gaz à effet de serre, qui diminuerait la pression exercée par les changements climatiques sur les systèmes naturels et humains. Les options d'atténuation incluent la réduction des émissions de gaz à effet de serre par une diminution de l'utilisation des combustibles fossiles, la réduction des émissions d'origine terrestre grâce à la conservation des grands bassins existants au sein des écosystèmes, et/ou l'accélération de l'absorption du carbone par les écosystèmes.

3. Changements climatiques observés

Les observations mettent en évidence un changement de la composition de l'atmosphère (augmentation des concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre tels que le CO₂ et le méthane (CH₄), etc.), ainsi qu'un changement du climat mondial (températures, précipitations, niveau de la mer, glace marine, et dans certaines régions, phénomènes climatiques extrêmes, y compris vagues de chaleur, fortes précipitations, et sécheresses, etc.). En raison de leurs effets actuels et prévus sur la biodiversité, ces changements sont résumés ci-dessous. Par exemple, la concentration atmosphérique de CO₂ influe sur la vitesse et l'efficacité de la photosynthèse et de l'utilisation de l'eau, et peut donc avoir des effets sur la productivité végétale et sur d'autres processus des écosystèmes. Des facteurs climatiques influent également sur la productivité de la faune et de la flore et sur d'autres fonctions des écosystèmes.

3.1. Changements observés sur les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre et les aérosols

Depuis l'époque préindustrielle, les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont augmenté en raison des activités humaines. Ils ont atteint leurs niveaux les plus hauts jamais enregistrés au cours des années 1990, et, pour la plupart, continuent d'augmenter. De 1750 à 2000, les concentrations atmosphériques de CO₂ ont augmenté de 31±4%, équivalent à 1,46 Wm⁻² (voir Figure 1), essentiellement en raison de la combustion de combustibles fossiles, de l'utilisation des terres et des changements d'affectation des terres. Au cours du XIX^e et d'une grande partie du XX^e siècle, la biosphère terrestre a été une source nette de CO₂ atmosphérique, mais est devenue un puits net avant la fin du XX^e siècle pour plusieurs raisons — par exemple, des changements de l'affectation des terres et des méthodes de gestion des terres, l'augmentation des dépôts azotés⁶ d'origine anthropique et l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ et peut-être du réchauffement climatique. La concentration atmosphérique de CH₄ a augmenté de 151±25% entre 1750 et 2000, équivalent à 0,48 Wm⁻², essentiel-

Concentrations atmosphériques mondiales des principaux gaz à effet de serre bien mélangés

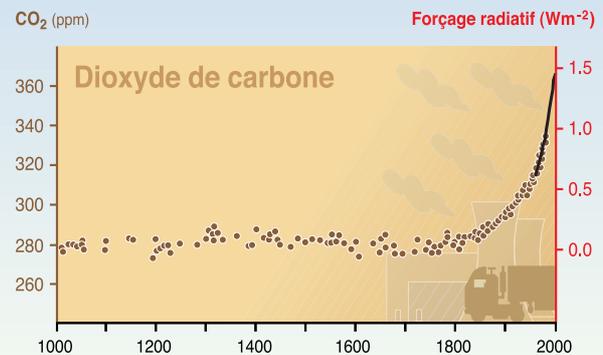


Figure 1 : Les données indicatrices des changements de la composition de l'atmosphère au cours du dernier millénaire mettent en évidence une augmentation rapide de la concentration de CO₂, imputable principalement à la croissance économique depuis 1750. Des premières données sporadiques obtenues à partir de l'air prisonnier des glaces (symboles) correspondent aux observations atmosphériques continues effectuées au cours des récentes décennies (lignes pleines). Le CO₂ est bien mélangé dans l'atmosphère, et sa concentration reflète les émissions provenant de sources à travers le monde. L'échelle de droite représente le forçage radiatif positif estimé résultant de l'augmentation de la concentration de CO₂. [DDS Figure 2-1 et GTI TRE Figure RID-2]

lement en raison des émissions dues à l'utilisation de combustibles fossiles, de l'élevage, de la riziculture et des décharges. [GTI TRE Chapitres 3 et 4]

3.2. Changements observés sur les températures à la surface et les précipitations

Au cours du XX^e siècle, on a observé un réchauffement à grande échelle et constant de la surface de la terre et des océans

³ Dans le contexte du GIEC, on entend par changement climatique tout changement climatique dans le temps, dû à la variabilité naturelle ou résultant des activités humaines. Cette interprétation diffère de celle de la CCNUCC, pour laquelle des changements climatiques désignent un changement climatique attribuable directement ou indirectement aux activités humaines qui modifient la composition de l'atmosphère mondiale et qui vient s'ajouter à la variabilité climatique naturelle observée sur des échelles de temps comparables. Voir Annexe B.

⁴ L'ampleur des incidences dépend de la portée des changements pour un paramètre climatique (une caractéristique climatique moyenne, la variabilité climatique, et/ou la fréquence et l'ampleur des extrêmes, etc.) et de la sensibilité du système à ces stimuli liés au climat.

⁵ On entend par vulnérabilité le degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des changements climatiques, y compris la variabilité climatique et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa sensibilité, et de sa capacité d'adaptation. La capacité d'adaptation est la capacité d'ajustement d'un système face aux changements climatiques (y compris à la variabilité climatique et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, exploiter les opportunités ou faire face aux conséquences. [GTII TRE RID Encadré 1]

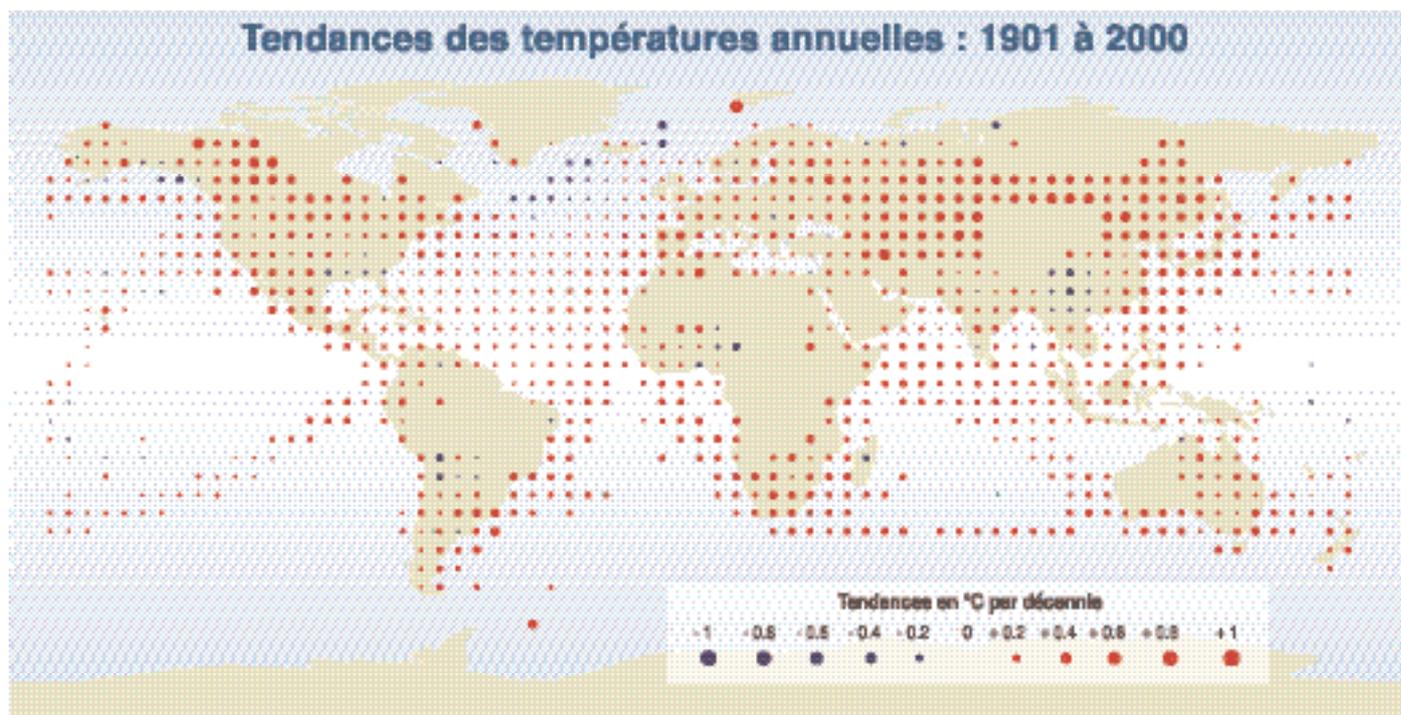


Figure 2: Tendances des températures annuelles entre 1901 et 2000. Les tendances sont représentées par la surface du cercle, le rouge représentant les augmentations et le bleu les diminutions. Les tendances ont été calculées à partir des anomalies géoréférencées moyennes annuelles, avec obligation d'inclusion d'au moins dix mois de données pour le calcul des anomalies annuelles. Les tendances ont été calculées uniquement pour les mailles de grilles contenant des anomalies annuelles pour au moins soixante-six des cent années. Le réchauffement plus rapide à la surface de la terre qu'à la surface de l'océan est en conformité avec un réchauffement anthropique ; toutefois, un composant du type de réchauffement aux latitudes moyennes septentrionales semble lié aux variations climatiques naturelles connues sous le nom d'Oscillation de l'Atlantique Nord et Oscillation Arctique, lesquelles peuvent subir les effets des changements climatiques anthropiques. [GTI TRE Figures RT-3a et 2.9a]

(voir Figure 2), et il est probable⁷ que l'essentiel du réchauffement observé au cours des cinquante dernières années soit dû à l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre. La température moyenne mondiale à la surface a augmenté de 0,6°C (0,4–0,8°C) au cours des cent dernières années, 1998 étant l'année la plus chaude et les années 1990 très probablement⁷ la décennie la plus chaude. Les augmentations de température les plus importantes ont été observées aux latitudes moyennes et élevées des continents septentrionaux, les terres ayant connu un réchauffement plus grand que les océans, avec une augmentation des températures nocturnes plus importante que celle des températures diurnes. Depuis 1950, l'augmentation de la température de la surface de la mer est inférieure de moitié à celle de la température moyenne de l'air à la surface de la terre, et les températures nocturnes journalières minimales au-dessus des terres ont augmenté en moyenne d'environ 0,2°C par décennie, soit environ le double de l'augmentation des températures diurnes maximales de l'air. [GTI TRE Chapitres 2 et 12, et GTII TRE RID]

Au cours du XX^e siècle, les précipitations ont très probablement⁷ augmenté de 5 à 10% sur la plupart des moyennes et hautes latitudes des continents de l'hémisphère Nord, mais, à l'opposé, il est probable⁷ que les pluies ont diminué de 3% en moyenne sur une grande partie des zones terrestres subtropicales (voir Figure 3). L'élévation de la température moyenne mondiale à la surface entraînera très probablement⁷ des variations des précipitations et de l'humidité atmosphérique en raison de la modification de la circulation atmosphérique, d'un cycle hydrologique plus actif, et d'une augmentation de la capacité de rétention d'eau de l'atmosphère. Pendant la deuxième moitié du XX^e

siècle, la fréquence des fortes précipitations (50 mm en 24 heures) aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord a probablement⁷ augmenté de 2 à 4%. Des augmentations à long terme relativement faibles ont été observées au cours du XX^e siècle dans les zones terrestres affectées par des sécheresses ou des inondations importantes, mais dans nombre de régions, une variabilité climatique inter-décennale et multi-décennale caractérise les changements, sans qu'aucune tendance importante ne soit évidente. [GTI TRE RID et GTI TRE Sections 2.5, 2.7.2.2, et 2.7.3]

3.3. *Changements observés sur la couverture neigeuse, la glace marine et fluviale, les glaciers et le niveau de la mer*

La superficie de la couverture neigeuse et des glaces a diminué. En moyenne, la couverture neigeuse a diminué très probablement⁷ de 10% environ dans l'hémisphère Nord depuis la fin des années 1960 (principalement en raison des changements printaniers au-dessus de l'Amérique et de l'Eurasie) et la durée annuel-

⁶ En raison de l'augmentation des émissions d'oxydes d'azote résultant d'activités industrielles, agricoles et liées à l'utilisation des terres.

⁷ Conformément au lexique du GTI TRE, les termes suivants ont été utilisés dans certains cas pour indiquer un jugement concernant la confiance: *très probable* (90–99% de probabilité) et *probable* (66–90% de probabilité). Lorsque les termes *probable* et *très probable* figurent en italiques, ces définitions sont appliquées et les termes sont accompagnés de l'indice supérieur « 7 » ; dans les autres cas, ils reflètent l'utilisation normale.

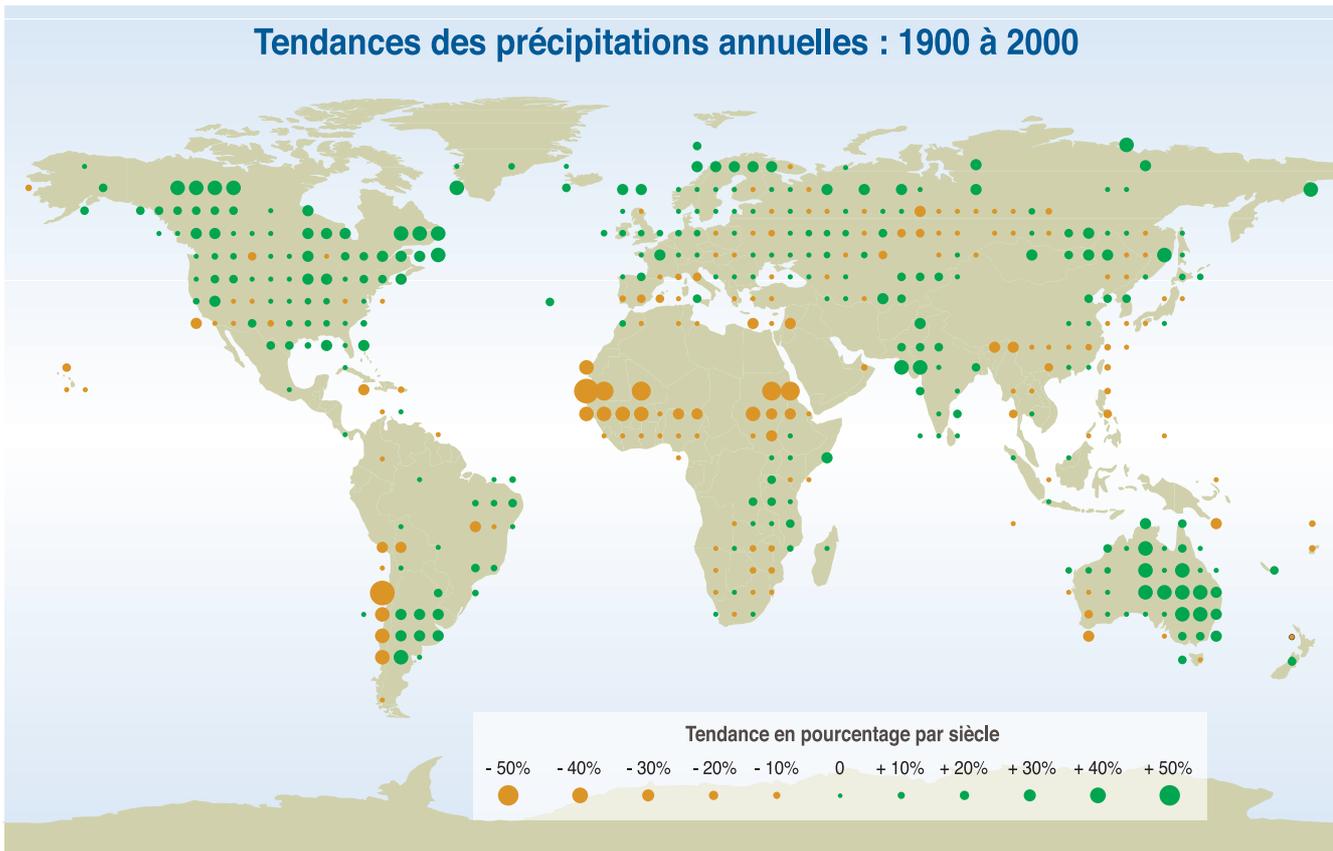


Figure 3 : En moyenne, au cours du XX^e siècle, les précipitations ont augmenté sur les continents à l'extérieur des tropiques, mais ont diminué dans les régions désertiques d'Afrique et d'Amérique du Sud. Les tendances sont représentées par la surface du cercle, le vert représentant les augmentations et le marron les diminutions. Les tendances ont été calculées à partir des anomalies géoréférencées moyennes annuelles, avec obligation d'inclusion d'au moins dix mois de données pour le calcul des anomalies annuelles. Les tendances ont été calculées uniquement pour les mailles de grilles contenant des anomalies annuelles pour au moins soixante-six des cent années. Bien que les données enregistrées indiquent une augmentation générale en accord avec des températures plus élevées et une augmentation de l'humidité atmosphérique, pour les précipitations, les tendances varient considérablement selon les régions et ne sont disponibles pour le XX^e siècle que pour certaines régions continentales. [DDS Figure 2–6a et GTI TRE Figure 2–25]

le du gel lacustre et fluvial aux latitudes moyennes et élevées dans l'hémisphère Nord a diminué de deux semaines environ au cours du XX^e siècle. On constate également une régression généralisée des glaciers de montagne dans les régions non polaires au cours du XX^e siècle. La superficie de la glace marine au printemps et en été dans l'hémisphère Nord a *probablement*⁷ diminué de 10 à 15 % environ entre 1950 et 2000, et, au cours des trente dernières années du XX^e siècle, l'épaisseur de la glace marine Arctique a *probablement*⁷ diminué de 40 % environ pendant la fin de l'été et le début de l'automne. Bien qu'entre 1978 et 2000 il n'y ait pas eu de changement de la superficie totale de la glace marine antarctique correspondant à l'élévation de la température moyenne mondiale à la surface, le réchauffement régional dans la Péninsule antarctique a coïncidé avec l'effondrement des inlandsis du Prince Gustav et de Larsen au cours des années 1990. [GTI TRE RID et GTI TRE Chapitre 2]

Le niveau de la mer s'est élevé. Calculée à partir des mesures fournies par les marégraphes, et après correction pour les mouvements terrestres, l'élévation moyenne annuelle a été de 1 à 2 mm au cours du XX^e siècle. Sous réserve des incertitudes actuelles, les observations et les modèles confirment l'absence d'accélération significative de l'élévation du niveau de la mer au cours du XX^e siècle. Le rythme d'élévation du niveau de la mer observé pendant le XX^e siècle est en accord avec les modèles, et

il est très *probable*⁷ que le réchauffement au cours du XX^e siècle a contribué sensiblement à l'élévation du niveau de la mer observé, par le biais de la dilatation thermique de l'eau de mer et d'une diminution généralisée de la glace terrestre. [GTI TRE RID et GTI TRE Sections 2.2.2.5 et 11.2.1]

3.4. Changements observés sur la variabilité climatique

Depuis le milieu des années 1970, le réchauffement dû à l'Oscillation australe El Niño (ENSO) a été plus fréquent, plus long et plus intense, par rapport aux cent années antérieures. ENSO influence régulièrement sur les variations régionales des précipitations et des températures dans la plupart des zones tropicales, subtropicales et à certaines latitudes moyennes. [GTI TRE RID et GTI TRE Chapitre 2]

3.5. Changements observés sur les phénomènes météorologiques et climatiques extrêmes

Des changements ont été observés pour certains phénomènes climatiques extrêmes. Il y a eu *probablement*⁷ plus de températures maximales plus élevées, plus de jours de chaleur, et une augmentation de l'indice de chaleur, et *très probablement*⁷ des températures minimales plus élevées et moins de jours de froid et de jours de gel dans la quasi totalité des zones terrestres. De plus, il

y a eu *probablement*⁷ une augmentation de la sécheresse estivale continentale et un risque de sécheresse connexe dans quelques régions. [GTI TRE RID et GTI TRE Chapitre 2]

4. Changements climatiques prévus

Les changements climatiques sont le résultat de la variabilité interne du système climatique et de facteurs externes (naturels et anthropiques). Les émissions de gaz à effet de serre et d'aérosols anthropiques modifient la composition de l'atmosphère. Une augmentation des gaz à effet de serre tend à réchauffer le climat de la planète, alors que l'augmentation des aérosols peut entraîner un refroidissement ou un réchauffement. Les concentrations de CO₂, la température moyenne mondiale à la surface, et le niveau de la mer devraient augmenter au cours du XXI^e siècle. Il devrait y avoir des différences importantes en ce qui concerne les changements climatiques régionaux (voir Figures 4 et 5) et le

niveau de la mer par rapport aux variations moyennes mondiales. On prévoit également une augmentation de la variabilité climatique et des phénomènes extrêmes.

Le GTI TRE a fourni de nouvelles prévisions des changements climatiques mondiaux, et dans une certaine mesure, régionaux, basées sur une nouvelle série de scénarios d'émissions du Rapport Spécial sur les scénarios d'émissions (RSSE) du GIEC. Les scénarios RSSE, qui n'incluent pas les mesures d'intervention climatiques, consistent en six groupes de scénarios, basés sur des canevas narratifs. Tous sont plausibles et à cohérence interne, sans attribution de probabilité de concrétisation. Ils recouvrent quatre combinaisons de variations démographiques, développement socio-économique, et évolutions technologiques majeures (voir Encadré 1). Chaque scénario produit un ensemble de chemins d'émissions de gaz à effet de serre. [GTI TRE RID et GTI TRE Section 4.3]

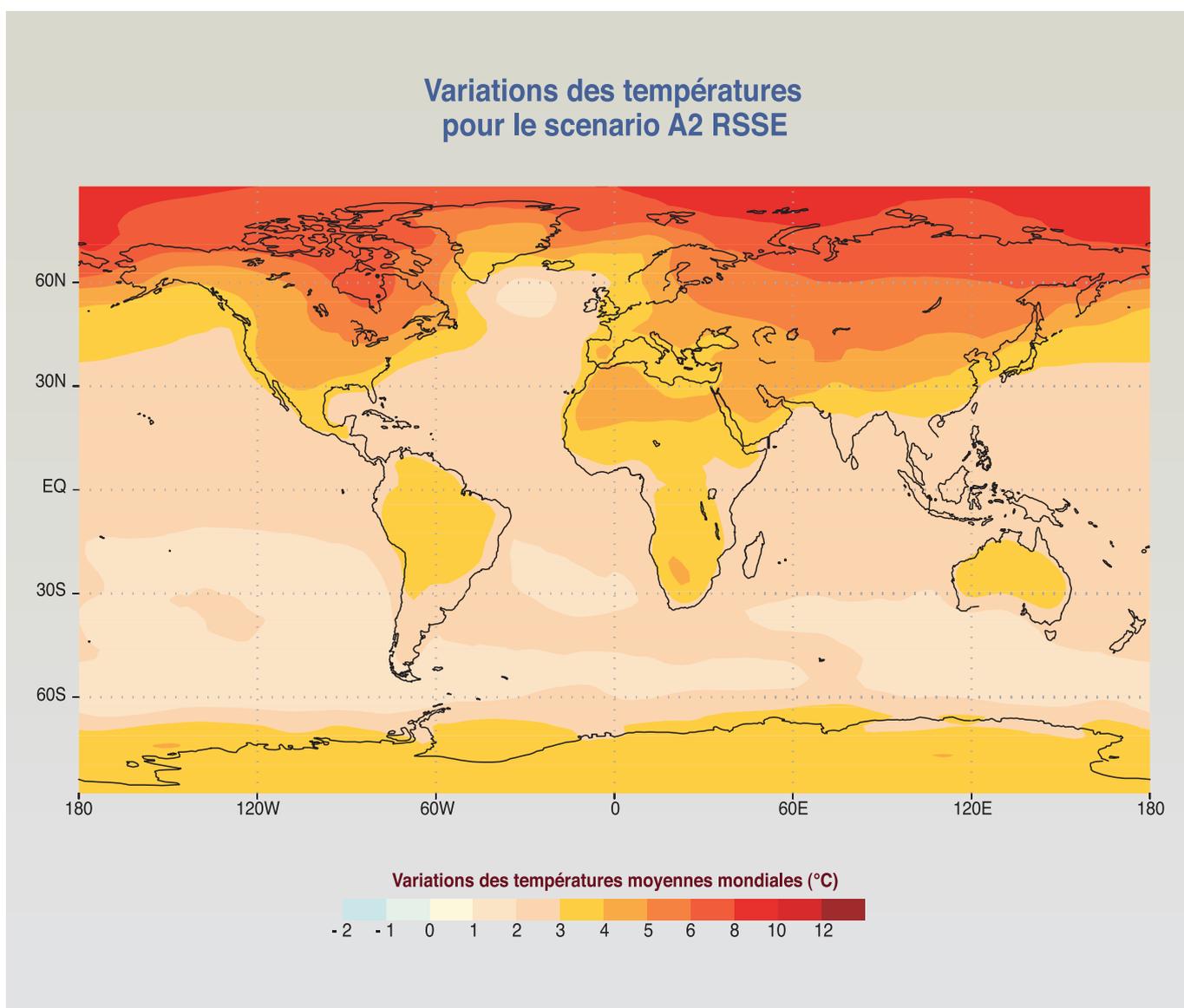


Figure 4: Variations de la température moyenne annuelle pour le scénario A2 RSSE. La figure représente la période entre 2071 et 2100 par rapport à la période 1961–1990. Les projections ont été obtenues à l'aide de modèles de circulation générale atmosphère-océan. Dans le cas des modèles utilisés, le réchauffement annuel moyen mondial est de l'ordre de 1,2 à 4,5°C pour A2. [DDS Figure 3–2a et GTI TRE Figures 9.10d,e]

Tableau 1 : Changements des systèmes atmosphérique, climatique et biophysique au cours du XX^e siècle.^a [DDS Tableau SPM-1]

Indicateurs / caractéristiques	Changements observés
Indicateurs de concentrations	
Concentrations atmosphériques de CO ₂ Échange de CO ₂ terre-biosphère	De 280 ppm pour la période 1000–1750 à 368 ppm en 2000 (augmentation de 31±4%). Source cumulative d'environ 30 Gt C entre 1800 et 2000; mais pendant les années 1990, puit net d'environ 14±7 Gt C.
Concentrations atmosphériques de CH ₄	700 ppb pour la période 1000–1750 à 1 750 ppb en 2000 (augmentation de 151±25%).
Concentrations atmosphériques de N ₂ O	270 ppb pour la période 1000–1750 à 316 ppb en 2000 (augmentation de 17±5%).
Concentrations troposphériques de O ₃	Augmentation de 35±15% entre 1750 et 2000, variable selon les régions.
Concentration stratosphérique de O ₃	Diminution entre 1970 et 2000, variable selon l'altitude et la latitude.
Concentrations atmosphériques de HFC, PFC, et SF ₆	Augmentation mondiale au cours des 50 dernières années.
Indicateurs climatiques	
Température moyenne mondiale à la surface	Augmentation de 0,6±0,2°C au cours du XX ^e siècle; réchauffement des terres supérieur à celui des océans (<i>très probable</i> ⁷).
Température à la surface dans l'hémisphère Nord	Augmentation au cours du XX ^e siècle plus importante qu'au cours de tout autre siècle du dernier millénaire; années 1990 décennie la plus chaude du millénaire (<i>probable</i> ⁷).
Fourchette de températures à la surface diurnes	Diminution entre 1950 et 2000 sur les zones terrestres; augmentation deux fois plus rapide des températures minimales nocturnes que des températures maximales diurnes (<i>probable</i> ⁷).
Jours chauds/indice de chaleur	Augmentation (<i>probable</i> ⁷).
Jours froids/jours de gel	Diminution pour la quasi totalité des zones terrestres au cours du XX ^e siècle (<i>très probable</i> ⁷).
Précipitations continentales	Augmentation de 5 à 10% au cours du XX ^e siècle dans l'hémisphère Nord (<i>très probable</i> ⁷), mais diminution sur certaines régions (Afrique du Nord et Occidentale et certaines parties de la Méditerranée, par exemple).
Fortes précipitations	Augmentation aux latitudes nord moyennes et supérieures (<i>probable</i> ⁷).
Fréquence et intensité des sécheresses	Absence accrue de précipitations en été et augmentation de la sécheresse associée dans quelques zones. (<i>probable</i> ⁷). Dans certaines régions, telles que certaines parties de l'Asie et de l'Afrique, on a observé une augmentation de la fréquence et de l'intensité de la sécheresse au cours des dernières décennies.
Indicateurs biologiques et physiques	
Niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale	Augmentation à un taux annuel moyen de 1 à 2 mm au cours du XX ^e siècle.
Durée du gel des fleuves et lacs	Diminution d'environ deux semaines au cours du XX ^e siècle aux latitudes moyennes et supérieures de l'hémisphère Nord (<i>très probable</i> ⁷).
Superficie et épaisseur de la glace marine arctique	Diminution de 40% de l'épaisseur au cours des récentes décennies, de la fin de l'été au début de l'automne (<i>probable</i> ⁷) et diminution de la superficie de 10 à 15% depuis les années 1950, au printemps et en été.
Glaciers non polaires	Régression étendue au cours du XX ^e siècle.
Couverture neigeuse	Diminution de 10% de la superficie, notée depuis la mise en œuvre d'observations mondiales par satellites au cours des années 1960 (<i>très probable</i> ⁷).
Pergélisol	Fonte, réchauffement et dégradation dans certaines parties des régions polaires, sub-polaires et montagneuses.
Phénomènes El Niño	Plus fréquents, plus longs et plus intenses au cours des vingt à trente dernières années, par rapport aux cent ans antérieurs.
Saison de croissance	Plus longue de un à quatre jours environ par décennie au cours des quarante dernières années dans l'hémisphère Nord, en particulier aux latitudes supérieures.
Aires de répartition végétale et animale	Déplacement vers le pôle et en altitude pour les plantes, insectes, oiseaux et poissons.
Reproduction, floraison et migration	Floraison plus précoce, arrivée plus précoce des oiseaux, dates de saison de reproduction plus précoces, et apparition plus précoce des insectes dans l'hémisphère Nord.
Blanchissement corallien	
Indicateurs économiques	
Pertes économiques liées au climat	Plus fréquent, notamment pendant les phénomènes El Niño. Augmentation d'un ordre de grandeur des pertes indexées mondiales au cours des quarante dernières années. Cette augmentation observée est liée en partie à des facteurs socio-économiques et en partie à des facteurs climatiques.

^a Ce tableau contient des exemples de changements clés observés et n'est pas une liste exhaustive. Il comprend des changements dus à des changements climatiques anthropiques et ceux pouvant résulter de variations climatiques naturelles ou de changements climatiques anthropiques. Les niveaux de confiance sont indiqués lorsqu'ils ont fait l'objet d'une évaluation explicite par le Groupe de travail I.

4.1. Changements prévus pour les concentrations atmosphériques des gaz à effet de serre et aérosols

Tous les scénarios d'émission utilisés dans le TRE prévoient une augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂ au cours des cent prochaines années. La concentration prévue de CO₂, le principal gaz à effet de serre anthropique, pour 2100 se situe entre 540 et 970 ppm, alors qu'elle était de 280 ppm environ pour la période préindustrielle et 368 ppm environ en l'an 2000. Diverses hypothèses socio-économiques (démographiques, sociales, économiques et technologiques) sont à l'origine des différents niveaux des futurs gaz à effet de serre et aérosols. Pour chaque scénario, d'autres incertitudes, notamment à propos de la poursuite des processus d'absorption actuels (puits de carbone) et l'ampleur de la rétroaction climatique sur la biosphère terrestre, causent une variation de -10 à +30% pour la

concentration en 2100. On obtient donc une fourchette totale pour 2100 entre 490 et 1 260 ppm (75 à 350% supérieure à la concentration de l'époque préindustrielle). [GTI TRE Section 3.7.3.3]

Les scénarios GIEC incluent des diminutions ou des augmentations éventuelles des aérosols anthropiques, en fonction du degré d'utilisation des combustibles fossiles et des mesures prises pour réduire des émissions sulfatées. Les six scénarios d'illustration RSSE prévoient une diminution des concentrations d'aérosols sulfatés au-dessous des niveaux actuels d'ici 2100, alors que les aérosols naturels (sel de mer, poussière et émissions liées aux aérosols sulfatés et aérosols de carbone) devraient augmenter en raison des changements climatiques. Les projections GIEC n'incluent pas les changements pour les aérosols naturels. [GTI TRE RID, GTI TRE Section 5.5, et RSSE Section 3.6.4]

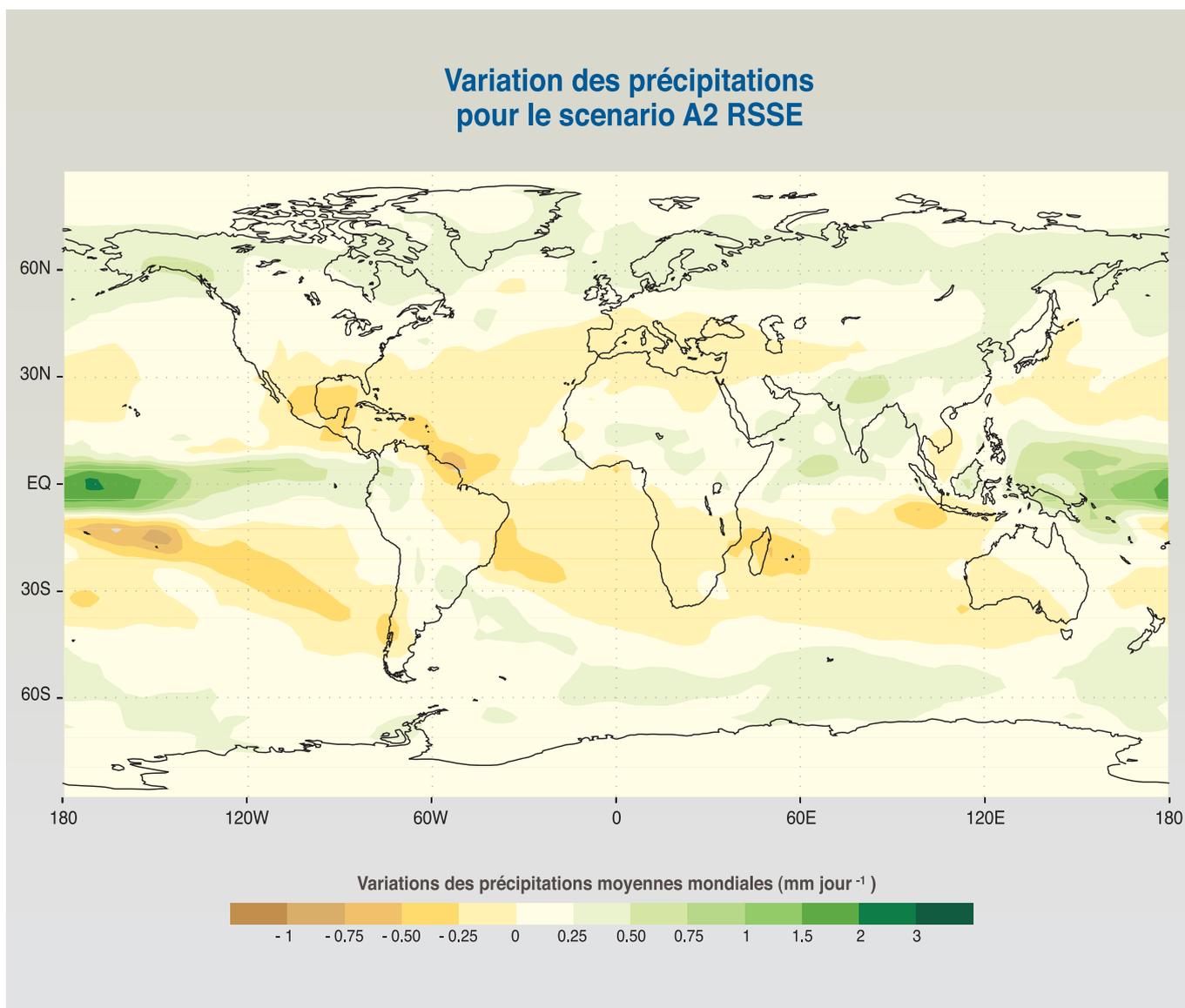


Figure 5: Variation annuelle moyenne des précipitations pour le scénario A2 RSSE. La figure représente la période 2071–2100 par rapport à la période 1961–1990. Les projections ont été obtenues à l'aide de modèles de circulation générale atmosphère-océan. [DDS Figure 3–3a]

Encadré 1. Scénarios RSSE
[GTI TRE RID, GTI TRE Section 4.3, et RSSE]

A1. Le canevas et la famille de scénarios A1 décrivent un monde dans lequel la croissance économique sera très rapide, la population mondiale culminera au milieu du siècle pour décliner par la suite, et de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites rapidement. Les principaux thèmes sous-jacents sont la convergence entre les régions, le renforcement des capacités et des interactions culturelles et sociales, et une réduction substantielle des différences régionales dans le revenu par habitant. La famille de scénario A1 se scinde en trois groupes qui décrivent des directions possibles de l'évolution technologique dans le système énergétique. Les trois groupes A1 se distinguent par leur accent technologique : forte intensité de combustibles fossiles (A1F1), sources d'énergie autres que fossiles (A1T) ou équilibre entre les sources (A1B) (dans lequel « équilibré » est défini comme ne s'appuyant pas excessivement sur une source d'énergie particulière, en supposant que des taux d'amélioration similaires s'appliquent à toutes les technologies de l'approvisionnement énergétique et des utilisations finales).

A2. Le canevas et la famille de scénarios A2 décrivent un monde très hétérogène. Le thème sous-jacent est l'autosuffisance et la préservation des identités locales. Les schémas de fécondité entre les régions convergent très lentement, avec pour résultat un accroissement continu de la population. Le développement économique a une orientation principalement régionale, et la croissance économique par habitant et l'évolution technologique sont plus fragmentées et plus lentes que dans les autres canevas.

B1. Le canevas et la famille de scénarios B1 décrivent un monde convergent avec la même population mondiale culminant au milieu du siècle et déclinant par la suite, comme dans le canevas A1, mais avec des changements rapides dans les structures économiques vers une économie de services et d'information, avec des réductions dans l'intensité des matériaux et l'introduction de technologies propres et utilisant des ressources efficacement. L'accent est sur des solutions mondiales orientées vers une viabilité économique, sociale et environnementale, y compris une meilleure équité, mais sans initiatives supplémentaires pour gérer le climat.

B2. Le canevas et la famille de scénarios B2 décrivent un monde où l'accent est mis sur des solutions locales dans le sens de la viabilité économique, sociale et environnementale. La population mondiale s'accroît de manière continue, mais à un rythme plus faible que dans A2 ; il y a des niveaux intermédiaires de développement économique, et l'évolution technologique est moins rapide et plus diverse que dans les canevas B1 et A1. Le scénario est également orienté vers la protection de l'environnement et l'équité sociale, mais il est axé sur des niveaux locaux et régionaux.

4.2. *Changements prévus pour les températures à la surface de la terre et les précipitations*

La température moyenne mondiale à la surface devrait augmenter de 1,4 à 5,8°C pour la période entre 1990 et 2100, avec un réchauffement plus rapide de la majorité des zones terrestres que la moyenne mondiale. Les augmentations moyennes mondiales devraient être deux à dix fois plus élevées que la valeur type du réchauffement observé au cours du XX^e siècle et le rythme du réchauffement prévu sera *très probablement*⁷ sans précédent, au moins au cours des dix derniers millénaires. Pour les périodes 1990 à 2025 et 1990 à 2050, les augmentations prévues sont de 0,4 à 1,1°C et 0,8 à 2,6°C respectivement. Les principales zones de réchauffement sont les masses terrestres des régions septentrionales (Amérique du Nord, et Asie du Nord et centrale) pour lesquelles, dans chaque modèle climatique, le réchauffement est supérieur de plus de 40% au réchauffement moyen mondial. À l'opposé, le réchauffement est inférieur au changement moyen mondial en Asie du Sud et du Sud-Est en été et dans la partie sud de l'Amérique du Sud en hiver (voir Figure 4). [GTI TRE Sections 9.3.3 et 10.3.2]

Les précipitations moyennes annuelles à l'échelle mondiale devraient augmenter au cours du XXI^e siècle, même si à l'échelle régionale, les augmentations et diminutions prévues sont de l'ordre de 5 à 20%. On prévoit une augmentation des précipitations moyennes annuelles, de la vapeur d'eau et de l'évaporation au cours du XXI^e siècle. Les précipitations augmenteront *probablement*⁷ en été et en hiver sur les régions aux latitudes élevées. Des augmentations sont également prévues en hiver aux latitudes moyennes septentrionales, en Afrique tropicale et en Antarctique, et en été en Asie australe et orientale. Des

diminutions des précipitations hivernales sont prévues pour l'Australie, l'Amérique centrale et l'Afrique australe (voir Figure 5). *Très probablement*⁷, les variations interannuelles des précipitations seront plus importantes pour la plupart des régions pour lesquelles on prévoit une augmentation des précipitations moyennes. [GTI TRE Sections 9.3.1–2 et 10.3.2]

4.3. *Changements prévus pour la variabilité climatique et les phénomènes climatiques extrêmes*

Les modèles indiquent que les concentrations atmosphériques croissantes de gaz à effet de serre modifieront la variabilité des températures quotidienne, saisonnière, internannuelle et décennale. Dans un grand nombre de régions, la fourchette des températures diurnes devrait diminuer, avec une augmentation des températures minimales nocturnes plus importante que celle des températures maximales diurnes. La plupart des modèles mettent en évidence une diminution de la variabilité quotidienne de la température de l'air à la surface en hiver, et une augmentation de la variabilité quotidienne en été dans les zones terrestres de l'hémisphère Nord. En dépit de divergences entre les modèles actuelles indiquent peu de changements ou une légère augmentation de l'ampleur de ces phénomènes au cours des cent prochaines années. De nombreux modèles prévoient une augmentation des réponses moyennes de type El Niño dans le Pacifique tropical, des températures à la surface de la mer pour le Pacifique équatorial oriental et central supérieures à celles du Pacifique équatorial occidental et un déplacement vers l'est des précipitations moyennes. Même avec peu ou pas de changements de l'intensité du phénomène El Niño, le réchauffement mondial sera *probablement*⁷ accompagné par de plus grands extrêmes de

sécheresses et de fortes précipitations et par l'augmentation des risques de sécheresses et d'inondations qui sont connexes au phénomène El Niño dans nombre de régions. Il n'existe pas de consensus sur les changements de la fréquence ou de la structure des phénomènes naturels de circulation entre l'atmosphère et les océans tels que l'Oscillation Atlantique Nord. [GTI TRE Sections 9.3.5–6 et GTII TRE Section 14.1.3]

L'ampleur et la fréquence des très fortes précipitations extrêmes augmenteront très probablement⁷ dans de nombreuses régions. Les précipitations extrêmes risquent de se produire plus fréquemment, ce qui augmentera la fréquence des inondations. Une sécheresse générale estivale accrue dans les zones mi-continentales augmentera *probablement*⁷ les sécheresses estivales et les risques de feux de friches. Cette sécheresse générale est due à l'effet combiné d'une élévation de la température et de l'évaporation, lequel n'est pas compensé par une augmentation des précipitations. Le réchauffement mondial entraînera *probablement*⁷ l'augmentation de la variabilité des pluies de mousson en été en Asie. [GTI TRE Section 9.3.6, GTII TRE Chapitres 4 et 9, et GTII TRE Section 5.3]

Il y aura très probablement⁷ plus de jours chauds et de vagues de chaleur et moins de jours froids et de jours de gel pour la quasi totalité des zones terrestres. Des augmentations de la température moyenne entraîneront une augmentation du nombre de jours chauds et de vagues de chaleur, avec moins de jours de gel et de vagues de froid. [GTI TRE Sections 9.3.6 et 10.3.2, et GTII TRE Sections 5.3, 9.4.2, et 19.5]

Selon des études basées sur des modèles à haute résolution, dans certaines régions, les pointes maximales des cyclones tropicaux pourraient augmenter au cours du XXI^e siècle de 5 à 10 % et les taux de précipitations pourraient augmenter de 20 à 30 % ; cependant, aucune de ces études ne met en évidence des changements quant à la situation géographique des cyclones tropicaux. Il y a peu de résultats de simulations cohérents en ce qui concerne les variations de la fréquence des cyclones tropicaux. [GTI TRE Encadré 10.2]

On ne dispose pas de suffisamment d'informations sur les risques de changements pour les phénomènes climatiques extrêmes à très petite échelle. Les modèles climatiques mondiaux n'incluent pas ces types de phénomènes (orages, tornades, grêle, tempêtes de grêle, et foudre). [GTI TRE Section 9.3.6]

4.4. **Changements prévus pour la couverture neigeuse, la glace marine et fluviale, les glaciers et le niveau de la mer**

Selon les prévisions, la régression généralisée des glaciers et des calottes polaires devrait se poursuivre au cours du XXI^e siècle. Dans l'hémisphère Nord, la couverture neigeuse, le pergélisol et la superficie de la glace marine devraient continuer de diminuer. La masse de l'inlandsis Antarctique augmentera *probablement*⁷, en raison de l'augmentation des précipitations, alors que celle de l'inlandsis groenlandais diminuera *probablement*⁷, car l'augmentation prévue du ruissellement sera supérieure à celle des précipitations. [GTI TRE Section 11.5.1]

Le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale devrait augmenter de 0,09 à 0,88 m entre 1990 et 2100, avec des variations régionales importantes. Les augmentations prévues pour les périodes 1990–2025 et 1990–2050 sont de 0,03 à 0,14 m et 0,05 à 0,32 m. respectivement. Cette augmentation est due principalement à la dilatation thermique des océans et à la fonte des glaciers et des calottes polaires. Par rapport à l'élévation moyenne mondiale du niveau de la mer prévue, la fourchette de variations

régionales prévues pour les changements du niveau de la mer est importante car le niveau de la mer au rivage est déterminé par de nombreux facteurs (pression atmosphérique, contrainte éolienne, circulation thermohaline, etc.). Le degré de confiance en ce qui concerne la distribution régionale de l'élévation du niveau de la mer obtenue à l'aide de modèles complexes est faible car il y a peu de similarités entre les résultats des modèles, bien que presque tous les modèles prévoient une élévation supérieure à la moyenne dans l'Océan arctique et inférieure à la moyenne dans l'Océan austral. [GTI TRE Sections 11.5.1–2]

5. **Changements associés aux changements climatiques observés dans les écosystèmes terrestres et marins**

Les activités humaines ont entraîné des changements au niveau des écosystèmes et un appauvrissement connexe de la diversité biologique dans nombre de régions. Ces changements sont dus principalement à des facteurs tels que les changements d'affectation des terres, et la dégradation de nombreux écosystèmes, le plus souvent en raison de la dégradation des sols, de la dégradation quantitative et qualitative des ressources en eau, de la disparition, de la modification et de la fragmentation des habitats, de l'exploitation sélective des espèces, et de l'introduction d'espèces étrangères. Le climat et les changements climatiques peuvent influencer de diverses façons sur les écosystèmes et leur biodiversité (voir Encadré 2); les changements climatiques sont déjà à l'origine des changements bénéfiques et néfastes observés dans les écosystèmes terrestres (notamment au niveau des eaux intérieures) et marins au cours des récentes décennies. [GTII TRE Sections 5.1–2]

5.1. **Changements observés sur les répartitions, les populations et la composition des communautés d'espèces terrestres (y compris les espèces d'eau douce)**

Le GIEC a étudié les effets des changements climatiques sur les systèmes biologiques en évaluant deux mille cinq cents études publiées. Quarante-quatre d'entre elles, qui couvraient environ cinq cents taxa, satisfaisaient aux critères suivants: données pour vingt ans ou plus; mesure de la température utilisée comme variable; mise en évidence par les auteurs de l'étude d'un changement statistiquement significatif pour un paramètre biologique/physique et pour la température mesurée; et corrélation statistiquement significative entre la température et les changements du paramètre biologique/physique. Certaines de ces études ont examiné des taxa différentes (oiseaux et insectes, par exemple) dans un même document. Sur un total de cinquante-neuf plantes, quarante-sept invertébrés, vingt-neuf amphibiens et reptiles, trois cent quatre-vingt-huit oiseaux, et dix espèces de mammifères, pour environ 80 % d'entre eux il y a eu changement du paramètre physique mesuré (début et fin de la saison de reproduction, variations des régimes migratoires, variations des répartitions animales et végétales, et changements de la taille des corps) correspondant aux effets prévus du réchauffement planétaire, alors que pour 20 % ces changements ont été dans le sens contraire. Pour des raisons liées au financement des recherches à long terme, la plupart de ces études ont été effectuées dans des zones tempérées à latitude élevée et dans certaines zones à haute altitude. Ces études montrent que certains écosystèmes qui sont particulièrement sensibles aux changements climatiques régionaux (écosystèmes à latitude et altitude élevées) ont déjà subi des effets des changements climatiques. [DDS Q2.21 et GTII TRE Sections 5.2 et 5.4]

Les changements climatiques régionaux ont eu des effets très nets, notamment l'élévation des températures, au sein des biosystèmes au cours du XX^e siècle. Dans de nombreuses régions du monde, les changements anthropiques ou naturels observés dans ces systèmes sont cohérents pour divers emplacements et vont dans le sens des effets prévus des variations de température

Encadré 2. Changements climatiques et écosystèmes

[GTII TRE Sections 5.5.3, 5.6.4, 6.3.7, 16.2.3.4, et 16.2.6.3, et GTII DRE Section A.2]

Le climat est le principal facteur contrôlant la structure et la productivité végétale ainsi que la composition des espèces animales et végétales à l'échelle mondiale. Un grand nombre de végétaux ne peuvent se reproduire et croître que dans une plage de températures spécifiques, réagissent à des volumes et des profils saisonniers de précipitations spécifiques, risquent d'être déplacés par la concurrence d'autres végétaux ou de ne pas survivre à des changements climatiques. De même, les espèces animales nécessitent des plages de températures et/ou de précipitations spécifiques et dépendent de la présence continue d'espèces nécessaires à leur alimentation.

Les changements des moyennes, des extrêmes et de la variabilité climatique déterminent les incidences de l'évolution climatique sur les écosystèmes. Il peut aussi y avoir interaction entre la variabilité et les extrêmes climatiques et les autres contraintes anthropiques. Par exemple, l'étendue et la persistance des feux — tels que ceux en bordure des forêts de marécages tourbeux au sud de Sumatra, de Kalimantan, et du Brésil au cours de récents phénomènes El Niño — soulignent l'importance de l'interaction entre le climat et les activités humaines pour la structure et la composition des forêts et les régimes d'utilisation des terres.

régionales. La probabilité selon laquelle les changements observés se produiraient par hasard dans le sens prévu (sans référence à l'ampleur) est infime. Ces systèmes incluent, par exemple, les répartitions d'espèces, l'augmentation de la durée des saisons, les tailles des populations, et les époques de reproduction ou de migrations. Suite à ces observations, on peut dire que les changements climatiques régionaux représentent un facteur déterminant important. On a observé des changements en ce qui concerne les types (incendies, sécheresses, bourrasques dévastatrices, par exemple), l'intensité et la fréquence des perturbations qui sont influencées par des changements climatiques régionaux et par les modes d'utilisation des terres. À leur tour, ces perturbations ont des effets sur la productivité et les espèces présentes dans un écosystème, en particulier aux latitudes et altitudes élevées. La fréquence des infestations parasitaires et des maladies a elle aussi changé, en particulier dans les systèmes arborés, ce qui peut être lié aux changements climatiques. Les phénomènes climatiques extrêmes et la variabilité (inondations, orages de grêle, gel, cyclones tropicaux, sécheresses, etc.) et certaines de leurs conséquences (glissements de terrains, feux de friches, etc.) ont eu des effets sur les écosystèmes de plusieurs continents. Des phénomènes climatiques tels que les phénomènes El Niño en 1997–1998 ont eu de profondes répercussions sur un grand nombre d'écosystèmes terrestres à gestion intensive ou non intensive (agriculture, zones humides, grands pâturages libres, forêts), avec des incidences sur les populations humaines qui en dépendent. [DDS Q2.21, GTII TRE Figure RID–2, et GTII TRE Sections 5.4, 5.6.2, 10.1.3.2, 11.2, et 13.1.3.1]

Des changements de la répartition temporelle des phénomènes biologiques (phénologie) ont été observés. Ces changements ont été observés pour de nombreuses espèces [GTII TRE Section 5.4.3.1 et GTII TRE Tableau 5–3], par exemple :

- Des conditions climatiques plus chaudes en automne et au printemps influent sur la répartition temporelle de l'apparition, de la croissance et de la reproduction de certaines espèces d'invertébrés résistantes au froid.
- Entre 1978 et 1984, au Royaume-Uni, la reproduction de deux espèces de grenouilles à la limite septentrionale de leur aire de répartition a commencé deux à trois semaines plus tôt. Ces changements ont été corrélés avec les températures, qui avaient augmenté pendant la période étudiée.
- Observation d'un début plus précoce de la reproduction de certaines espèces d'oiseaux en Europe, Amérique du Nord et Amérique Latine. En Europe, la ponte a été plus précoce au cours des vingt-trois dernières années; au Royaume-Uni, entre 1971 et 1995, sur soixante-cinq espèces, dont des espèces d'oiseaux grands migrateurs, vingt ont eu des dates de ponte plus précoces de huit jours en moyenne.
- Observation de changements de la migration des insectes et des oiseaux, avec dates d'arrivée plus précoces des migrateurs printaniers aux États-Unis, dates de départ plus tardives en Europe, et modifications des régimes migratoires en Afrique et en Australie.
- Décalage entre la répartition temporelle de la reproduction de certaines espèces d'oiseaux (Mésange charbonnière (*Parus major*), etc.) et d'autres espèces, dont leurs espèces alimentaires. En raison de ce décalage, l'éclosion risque de se produire en période de pénurie alimentaire.
- Floraison plus précoce et prolongation de la saison de croissance pour certaines plantes (en Europe, par exemple, prolongation de onze jours environ entre 1959 et 1993).

De nombreuses espèces présentent des changements morphologiques, physiologiques et comportementaux associés aux changements des variables climatiques. Par exemple, les tortues peintes ont été plus grosses pendant les années plus chaudes et ont atteint leur maturité sexuelle plus rapidement pendant les années plus chaudes; le poids vif du rat des bois d'Amérique du Nord (*Neotoma sp.*) a diminué, en parallèle avec une augmentation de la température au cours des huit dernières années; en Écosse, le jeune cerf noble (*Cervus elaphus*) a connu une croissance plus rapide pendant les printemps plus chauds, ce qui a entraîné l'augmentation de la taille des cerfs adultes; et certaines grenouilles commencent leurs appels plus tôt pour attirer les mâles ou appellent davantage pendant les années plus chaudes. [GTII TRE Section 5.4.3.1.3]

Des changements de la répartition des espèces, liés aux changements des facteurs climatiques, ont été observés. Des changements, qui pourraient être d'origine climatique, concernant les aires de répartition et la densité de la faune ont été observés sur la plupart des continents, dans les régions polaires et au sein des principaux groupes taxonomiques d'animaux (à savoir, insectes, amphibiens, oiseaux, et mammifères) [GTII TRE Sections 5.4.3.1.1 et 13.2.2.1], par exemple :

- Les aires de répartition des papillons en Europe et Amérique du Nord se sont déplacées vers le pôle et en altitude, en parallèle avec l'augmentation des températures. Une étude portant sur trente-cinq papillons non migratoires en Europe a montré que plus de 60 % d'entre eux se sont déplacés vers le nord sur une distance entre 35 et 240 km au cours du XX^e siècle. Des augmentations des populations de plusieurs espèces de papillons et de papillons prédateurs des forêts, y compris la spongieuse (*Lymantria dispar*), observées en Europe centrale au début des années 1990, ont été associées à l'élévation des températures, de même que le déplacement vers le pôle des aires de répartition de plusieurs espèces de demoiselles et de libellules (Odonata) et de cafards, sauterelles et locustes (Orthoptera).
- L'aire de répartition printanière de la Bernache nonnette (*Branta leucopsis*) s'est déplacée vers le nord le long de la

côte de Norvège. Dans l'Antarctique, les aires de répartition de certains oiseaux se sont déplacées vers le pôle. L'aire de répartition en altitude de certains oiseaux dans la forêt montagneuse humide au Costa Rica est peut être aussi en train d'évoluer.

Les changements des variables climatiques ont entraîné une augmentation de la fréquence et de l'intensité des épidémies de parasites et de maladies qui a été accompagnée par le déplacement des aires de répartition vers le pôle ou en altitude pour les organismes parasites/vecteurs de maladies. Par exemple, des infestations de chenilles tordeuses des bourgeons de l'épinette se produisent souvent après des sécheresses et/ou des étés secs dans certaines parties de leurs aires de répartition. La dynamique parasite-hôte peut être affectée par la sécheresse qui augmente les contraintes sur les arbres hôtes et le nombre d'œufs pondus par les chenilles (le nombre d'œufs pondus par les chenilles à 25°C est de 50% supérieur au nombre d'œufs pondus à 15°C). Certaines infestations ont perduré, en raison de l'absence des gels printaniers tardifs destructeurs des nouvelles pousses des arbres, qui sont la source alimentaire de la chenille tordeuse de bourgeons. La répartition des maladies à transmission vectorielle (paludisme, dengue, etc.) et des maladies infectieuses à transmission alimentaire ou hydrique (diarrhée, etc.), et donc les risques de maladies humaines, ont subi les effets des changements des facteurs climatiques. En Suède, par exemple, les cas d'encéphalite à tiques ont augmenté après des hivers plus doux, et cette tendance s'est déplacée vers le nord suite à l'augmentation de la fréquence d'hivers plus doux entre 1980 et 1994. [GTII TRE Sections 5.6.2–3, 9.5.1, et 9.7.8]

On a observé des changements des débits fluviaux, des inondations, des sécheresses, de la température de l'eau et de la qualité de l'eau, et ces changements ont influé sur la diversité biologique et les biens et services fournis par les écosystèmes. Des preuves des incidences des changements climatiques régionaux sur des composants du cycle hydrologique, montrent que l'élévation des températures pourrait intensifier le cycle hydrologique. Au cours des dernières décennies, dans une grande partie de l'Europe de l'Est, de la Russie européenne, et de l'Amérique du Nord, les débits fluviaux maximaux ont été observés à la fin de l'hiver plutôt qu'au printemps. La fréquence croissante des sécheresses et des inondations dans certaines régions est liée aux variations climatiques — comme en témoignent, par exemple, des sécheresses au Sahel et dans le nord-est et le sud du Brésil, et des inondations en Colombie et au nord-ouest du Pérou. Les lacs et les réservoirs, en particulier ceux situés dans les régions semi-arides (certaines régions d'Afrique, par exemple) réagissent à la variabilité climatique par des changements marqués des volumes d'eau stockés, et, dans bien des cas, par un assèchement total. Dans les savanes africaines, l'incidence de l'assèchement saisonnier est peut-être en hausse. Des variations de la fréquence et de l'intensité des précipitations, associées à des changements d'affectation des terres dans les régions de bassins hydrographiques, ont accru l'érosion des sols et l'envasement des rivières. Ceci, en conjonction avec l'augmentation de l'emploi d'engrais naturels, d'engrais chimiques, de pesticides et d'herbicides, et des dépôts azotés atmosphériques, influe sur la composition chimique des rivières et contribue à l'eutrophisation, ce qui a des effets considérables sur la qualité de l'eau, la composition des espèces et les pêcheries. Les variations des débits fluviaux ont eu des effets sur les biens et les services fournis par ces écosystèmes (production de poissons par les pêcheries en eau douce, écoulements provenant des zones humides, etc.). Des températures de l'eau plus élevées ont augmenté l'anoxie estivale dans les eaux profondes des lacs stratifiés, avec risques d'effets sur leur biodiversité. L'augmentation des températures hivernales de l'eau observée a des effets néfastes sur la viabilité des œufs de la perche cana-

dienne (une espèce d'eau froide). [GTI TRE RID, GTII TRE RID, GTII TRE Sections 4.3.6, 10.2.1.1–2, 10.2.5.3, 10.4.1, 14.3, et 19.2.2.1, GTII TRE Tableau 4–6, et GTII DRE Sections 10.6.1.2 et 10.6.2.2]

Les écosystèmes aux latitudes élevées dans l'hémisphère Nord ont subi les effets des changements climatiques régionaux. Par exemple, dans de vastes zones terrestres de l'Arctique, on constate pour le XX^e siècle une tendance au réchauffement de la température de l'air pouvant atteindre 5°C, à l'opposé des zones de refroidissement dans l'est du Canada, de l'Atlantique du Nord et du Groenland. Le réchauffement climatique a augmenté de 20% le nombre de jours-degrés de croissance pour les terres agricoles et les forêts en Alaska, et les forêts boréales se déplacent vers le nord à un rythme de 100 à 150 km par °C. Des espèces végétales dont la composition a été modifiée, en particulier des forbes et des lichens, ont été observées dans la toundra. L'élévation des températures du sol et un dégel saisonnier plus profond favorisent le développement du thermokarst dans le pergélisol discontinu relativement chaud. En raison du thermokarst, au cours des dernières décennies du XX^e siècle, certaines forêts boréales du centre de l'Alaska ont été transformées en zones humides étendues. La zone de forêt boréale brûlée annuellement dans l'ouest de l'Amérique du Nord a doublé au cours des vingt dernières années, parallèlement au réchauffement enregistré dans cette région. Des tendances semblables ont été observées pour les forêts eurasiennes. [GTII TRE Sections 1.3.1, 5.2, 5.6.2.2.1, 5.9, 10.2.6, 13.2.2.1, 14.2.1, 15.2, 16.1.3.1, et 16.2.7.3]

5.2. Changements observés sur les systèmes côtiers et marins

L'élévation des températures à la surface des océans a eu des effets néfastes sur les récifs coralliens. Un grand nombre de récifs coralliens existent sur ou près des seuils de tolérance thermique. Au cours des dernières décennies, la température de la mer à la surface a augmenté dans une grande partie des océans tropicaux. De nombreux coraux ont été affectés par le blanchissement, un phénomène très perturbateur bien que souvent partiellement réversible, qui se produit dans le cas d'une élévation de la température de la mer à la surface de plus de 1°C au cours d'une saison, quelle qu'elle soit; une augmentation de 3°C entraînant la destruction des coraux. En général, ce phénomène est associé aux perturbations El Niño. Le blanchissement de la Grande barrière de corail, qui a entraîné la mort de certains coraux, s'est produit en 1997–1998, et été associé à un important phénomène El Niño au cours duquel les anomalies de la température à la surface de la mer ont été les plus extrêmes pour les quatre-vingt-quinze dernières années. Le blanchissement corallien de 1997–1998 a été le plus étendu géographiquement; des récifs coralliens à travers le monde ont été affectés et certains coraux ont été détruits. Le blanchissement est également associé à d'autres contraintes telles que la pollution et les maladies. [DDS Q2 et GTII TRE Sections 6.4.5 et 12.4.7]

Les écosystèmes côtiers ont été affectés par les maladies et la toxicité. Des changements de la fréquence et de l'intensité des précipitations, du taux d'acidité, du pH, de la température de l'eau, du vent, du CO₂ dissous, et de la salinité, associés à la pollution par les éléments nutritifs et les toxines dus aux activités humaines, peuvent affecter la qualité de l'eau dans des eaux estuariennes ou marines. Certains organismes marins et certaines espèces d'algues vecteurs de maladies, dont celles associées aux inflorescences toxiques, sont fortement influencés par un ou plusieurs de ces facteurs. Au cours des dernières décennies, il y a eu augmentation du nombre de maladies affectant les récifs coralliens et les herbiers marins, notamment dans les Caraïbes et les océans tempérés. Une élévation de la température de l'eau, alliée

aux phénomènes El Niño, a été associée à la maladie des huîtres 'Dermo' (causée par le protozoaire parasite *Perkinsus marinus*) et une maladie des huîtres inconnue (MSX) à spore plurinucléaire observée le long de la côte Atlantique et du Golfe des États-Unis. [GTII TRE Sections 6.3.8 et 12.4.7]

Des changements au sein des systèmes marins, notamment dans les populations de poissons, ont été associés aux oscillations climatiques à grande échelle. Des facteurs climatiques affectent les éléments biotiques et abiotiques qui influent sur le nombre et la répartition des organismes marins, en particulier des poissons. Des variations (avec des cycles de dix à soixante ans ou plus) du volume de la biomasse des organismes marins dépendent de la température de l'eau et d'autres facteurs climatiques. Les fluctuations périodiques du régime climatique et hydrographique de la mer de Barents, qui ont été reflétées par les variations de la production commerciale de poissons au cours des cent dernières années, sont un exemple de ces variations. De même, dans la partie nord-ouest de l'Océan Atlantique, les données sur les prises de poissons entre 1600 et 1900 ont mis en évidence une corrélation très nette entre la température de l'eau et les prises, ainsi que des changements profonds de la structure des populations de cabillaud sur des cycles de cinquante à soixante ans. Des variations sur une plus courte échelle pour le cabillaud dans la Mer du Nord ont été associées aux effets combinés de la surpêche et du réchauffement observé au cours des dix dernières années. Des phénomènes sub-décennaux, de type El Niño, ont des incidences sur les pêcheries (harengs, sardines et pilchards) au large des côtes de l'Amérique du Sud et de l'Afrique, et des oscillations décennales dans le Pacifique sont liées au déclin des pêcheries au large de la côte ouest nord-américaine. Les eaux de surface froides anormales observées dans le nord-ouest de l'Atlantique au début des années 1990 ont modifié la composition des espèces de poissons dans les eaux de surface du Plateau de Terre-Neuve. [GTI TRE Section 2.6.3, GTII TRE Sections 6.3.4, 10.2.2.2, 14.1.3, et 15.2.3.3, et GTII TRE Encadré 6-1]

Dans certaines zones du Pacifique et de l'Arctique occidental, d'importantes fluctuations du nombre d'oiseaux et de mammifères marins ont été observées et pourraient être liées à l'évolution des régimes de perturbations, à la variabilité climatique et aux phénomènes extrêmes. Des changements climatiques durables peuvent avoir des répercussions sur les populations de grands prédateurs en influant sur l'abondance des organismes de la chaîne alimentaire. Ainsi, dans les îles Aléoutiennes, suite aux phénomènes climatiques et à la surpêche, les populations de poissons ont été modifiées, ce qui a changé le comportement et le nombre des orques et des loutres de mer (ce qui a eu des effets sur les peuplements d'algues brunes). Les populations d'oiseaux de mer dépendent d'espèces de poissons spécifiques, en particulier pendant la saison de reproduction, et sont sensibles aux petits changements de l'environnement océanique tels que ceux dus aux changements climatiques. Le déclin de certaines espèces d'oiseaux de mer, l'augmentation des populations d'un petit nombre d'espèces communes et les changements chez certaines espèces ont été associés aux changements des systèmes actuels (en Californie, par exemple). Cependant, des modifications des paramètres et des aires de répartition des populations peuvent être influencées par des modifications des populations de poissons proies et des régimes migratoires des oiseaux et il n'est donc pas possible de les attribuer avec certitude aux variations des courants océaniques ou à l'évolution climatique. Il existe une hypothèse selon laquelle les longues durées de vie, et les variations génétiques pour certaines populations importantes, pourraient permettre à certains oiseaux de mer de survivre en cas de phénomènes environnementaux adverses à court terme, comme l'indique la réponse aux phénomènes El Niño et La Niña dans le Pacifique tropical. Mais, dans le cas des petites populations

dépendant d'un habitat limité, comme pour les pingouins des Galapagos, les effets risquent d'être néfastes. [GTII TRE Section 6.3.7]

6. Incidences prévues des changements climatiques moyens et des phénomènes climatiques extrêmes sur les écosystèmes terrestres (y compris aquatiques) et marins

Selon les prévisions, les changements climatiques auront des effets sur les individus, les populations, les espèces, et la composition et la fonction des écosystèmes, directement (par l'élévation des températures et par des variations des précipitations, et dans le cas des systèmes aquatiques, par des variations de la température de l'eau, du niveau de la mer, etc.) et indirectement (par la modification par le climat de l'intensité et de la fréquence des perturbations telles que les feux de friches). Les incidences de l'évolution climatique dépendront d'autres facteurs significatifs, tels que la disparition et la fragmentation (ou l'unification, comme dans le cas de masses d'eaux précédemment isolées dans des systèmes d'eau douce) et de l'introduction d'espèces étrangères (en particulier d'espèce invasives).

On ne peut pas faire de prévisions réalistes sur l'avenir des écosystèmes mondiaux sans tenir compte de l'utilisation des terres et de l'eau par les populations humaines — utilisation passée, actuelle et future. Cette utilisation sera source de risques pour certains écosystèmes terrestres et aquatiques, améliorera la survie d'autres écosystèmes, et influera considérablement sur la capacité des organismes à s'adapter aux changements climatiques grâce à la migration. Les incidences relatives des changements climatiques et d'autres facteurs, tels que l'utilisation des terres, les invasions biotiques et la pollution sur les espèces menacées, varieront probablement selon les régions. Ainsi, dans certains écosystèmes, les effets des changements climatiques sur des espèces en danger ou menacées seront moins marqués que ceux d'autres facteurs.

Les inquiétudes à propos du risque d'appauvrissement ou d'extinction pour certaines espèces sont justifiées en raison de la situation concernant les biens et services apportés par les écosystèmes et les espèces elles-mêmes. La plupart des biens et services apportés par les espèces sauvages (pollinisation, contrôle naturel des parasites, etc.) découlent de leur rôle au sein des systèmes. D'autres services importants sont fournis par des espèces qui contribuent à la résistance et à la productivité des écosystèmes. La valeur récréationnelle (chasse sportive, observation de la faune et de la flore, etc.) des espèces est importante au plan commercial et non commercial. L'appauvrissement des espèces pourrait aussi avoir des répercussions sur les pratiques culturelles et religieuses des populations dans le monde. Il pourrait modifier la structure et la fonction des écosystèmes affectés, et entraîner des pertes financières et esthétiques. Il est indispensable de comprendre le rôle des espèces ou des groupes d'espèces dans les écosystèmes pour comprendre les risques et les surprises potentielles liés à l'appauvrissement des espèces.

6.1. Méthodes de modélisation utilisées pour la prévision des incidences des changements climatiques sur les écosystèmes et leur diversité biologique

La modélisation des changements de la biodiversité en réponse aux changements climatiques présente des difficultés considérables. Elle nécessite des projections des changements climatiques à une résolution spatiale et temporelle élevée et dépend souvent de l'équilibre entre des variables mal prévues par les modèles climatiques (précipitations locales et degré d'évaporation, etc.). Elle exige également une compréhension des interac-

tions entre les espèces et des effets de ces interactions sur les communautés et les écosystèmes dont elles font partie. De plus, bien souvent, les résultats de ces modèles sont axés sur des espèces particulières qui peuvent être rares et avoir un comportement biologique inhabituel.

La plupart des modèles des changements dans les écosystèmes sont mal adaptés aux prévisions des changements de la diversité biologique régionale. La modélisation de la réponse des écosystèmes aux changements climatiques et mondiaux fait l'objet d'une documentation croissante. La plupart de ces modèles simulent les changements sur une petite surface terrestre et sont utilisés pour prévoir des changements de la productivité ou de la domination des espèces locales. Ils ne sont pas nécessairement bien adaptés à l'évaluation des changements de la biodiversité régionale. La modélisation évalue également les changements à long terme de la végétation et des répartitions de la faune à l'échelle régionale ou mondiale en réponse aux changements climatiques. En général, ces modèles étudient les écosystèmes ou les biomes (c'est-à-dire les écosystèmes dans une zone climatique spécifique ayant une structure similaire mais des espèces différentes (comme le « biome des forêts tempérées »)). Ici aussi, ces modèles sont mal adaptés aux prévisions des changements de la biodiversité car, en général, ils supposent qu'il y aura simplement déplacement de l'emplacement des écosystèmes ou des biomes et que ceux-ci conserveront leur composition, leur fonction et leurs structures (voir Encadré 3). Bien que croissante, la documentation actuelle sur la modélisation des changements de la biodiversité à l'échelle régionale et mondiale est encore peu importante. [GTII TRE Section 5.2]

Les modèles doivent tenir compte des interactions spatiales entre les écosystèmes dans les paysages afin de refléter les réponses des écosystèmes aux pressions, en particulier aux changements climatiques (voir Encadré 3). La plupart des modèles relatifs à la végétation continuent de traiter les blocs de végétation comme des matrices d'unités discrètes avec peu d'interactions entre les unités. Cependant, des études de modélisation ont montré l'existence d'un risque d'erreurs significatives pour la prévision des modifications de la végétation si les interactions spatiales des éléments du paysage ne sont pas évaluées correctement. L'extension des feux, par exemple, est en partie déterminée par les trajets des feux antérieurs et la régénération ultérieure de la végétation. À l'heure actuelle on ne peut pas simuler des changements de végétation régionaux ou mondiaux à l'échelle des paysages; la difficulté est donc d'établir des règles pour intégrer le phénomène des paysages dans les modèles avec une résolution beaucoup plus faible. [GTII TRE Section 5.2.4.1]

Un autre problème concerne la difficulté à développer des modèles réalistes des migrations végétales et animales. D'après les données paléocéologiques fournies par les modèles et par les observations, il est possible que la dispersion ne soit pas un problème majeur pour de nombreuses espèces en ce qui concerne l'adaptation aux changements climatiques, à condition que les matrices d'habitats appropriés ne soient pas trop fragmentées. Cependant, dans des habitats fragmentés par les activités humaines, très répandus sur une grande partie de la terre, les opportunités de migration seront réduites et limitées à une partie des espèces. [GTII TRE Section 5.2]

Encadré 3. Méthodes de modélisation utilisées pour la prévision des incidences [GTII TRE Sections 5.2 et 5.4, et GTII TRE Encadré 5–2]

Parmi les modélisations à l'échelle régionale et mondiale présentées dans les rapports du GIEC, et donc dans le présent Document technique, un grand nombre ont été obtenues à partir de deux hypothèses opposées sur la réaction possible des écosystèmes (et donc des biomes) à l'évolution climatique mondiale. L'hypothèse du « mouvement des écosystèmes » suppose une migration des écosystèmes relativement intacts vers de nouveaux emplacements très proches de leur climat et environnement actuels. De toute évidence, il s'agit là d'une extrême simplification de ce qui se passera en réalité. Les connaissances biologiques de base indiquent que l'hypothèse du « mouvement des écosystèmes » a fort peu de chance de se produire en raison des différentes tolérances climatiques des espèces concernées, notamment la variabilité génétique au sein des espèces, les différences en matière de longévité ou de capacité d'adaptation, et les effets des espèces invasives. Il s'agit là d'une hypothèse de travail idéalisée qui a l'avantage de permettre d'utiliser le lien clairement établi entre les aires de répartition des écosystèmes et le climat actuel pour prévoir de nouvelles répartitions des écosystèmes dans de nouvelles conditions climatiques. En tant que tels, ces modèles sont utiles pour rechercher des effets possibles significatifs dans des scénarios de changements climatiques.

L'autre méthode, à savoir la « modification des écosystèmes », suppose que, parallèlement aux changements du climat et des autres facteurs environnementaux, il y aura des changements sur place de la composition et de la dominance des espèces. Ceux-ci se produiront lors de la diminution ou de l'extinction locale de certaines espèces et de l'augmentation de l'abondance d'autres espèces. La longévité individuelle, la structure des âges des populations existantes, et l'arrivée d'espèces invasives auront un effet modérateur sur ces changements. Le résultat sera des types d'écosystèmes qui pourront être très différents de ceux que nous connaissons aujourd'hui. Des données paléocéologiques indiquent que les types d'écosystèmes largement semblables à ce qui existent aujourd'hui ont existé par le passé, mais contenaient des combinaisons d'espèces dominantes désormais disparues.

Le problème avec la théorie de la « modification des écosystèmes » est qu'elle est très difficile à utiliser dans la prévision théorique des changements possibles en raison du manque d'informations détaillées sur la répartition actuelle de chaque espèce et de l'insuffisance de notre compréhension de leurs interactions. Ainsi, la plupart des études mondiales et régionales évaluant les incidences potentielles des changements climatiques ont dû utiliser l'hypothèse du « mouvement des écosystèmes ». Elles tendent également à être limitées aux prévisions des changements de la répartition de la végétation, avec l'hypothèse implicite, et souvent erronée, que les populations animales suivront les composants végétaux d'un écosystème. Cependant, des études d'observation et expérimentales mettent en lumière de nombreux cas dans lesquels les animaux réagissent aux changements climatiques et environnementaux bien avant tout changement significatif de la végétation.

6.2. Incidences prévues sur la diversité biologique des systèmes terrestres et d'eau douce

La présente section évalue les incidences des changements climatiques sur les organismes individuels, les populations et les espèces. Elle examine ensuite les effets au niveau de la structure et fonction des écosystèmes, principalement dans les écosystèmes et paysages à gestion non intensive.

Dans l'ensemble, la diversité biologique diminuera probablement en raison d'une multiplicité de pressions, en particulier l'augmentation de l'intensité de l'utilisation des terres, et la destruction connexe des habitats naturels ou semi-naturels. Les nombreuses pressions qui s'exercent sur la biodiversité se produisent indépendamment des changements climatiques, aussi est-il très important de déterminer dans quelle mesure les changements climatiques renforcent ou préviennent cet appauvrissement de la biodiversité.

6.2.1. Incidences prévues sur les individus, les populations, les espèces et les écosystèmes

Cette section présente des exemples d'incidences des changements climatiques et d'autres pressions anthropiques sur les individus, les populations et les espèces. Une modification des comportements, une diminution du nombre ou un appauvrissement des espèces peuvent entraîner des changements de la structure et du fonctionnement des écosystèmes affectés. À leur tour, ces changements peuvent appauvrir d'autres espèces et avoir des répercussions successives sur la biodiversité et la vulnérabilité du système à l'invasion par des espèces étrangères et à d'autres perturbations. Par conséquent, les incidences des changements climatiques, et leurs effets sur la biodiversité peuvent être aussi évalués au niveau des écosystèmes et dans le contexte des écosystèmes et de leur répartition au sein des paysages. Ils doivent être aussi évalués dans le cadre des variations des régimes de perturbations, de la variabilité climatique et des phénomènes extrêmes.

Indépendamment des changements climatiques, à l'avenir, la diversité biologique devrait diminuer en raison d'un nombre élevé de pressions, notamment l'augmentation de l'intensité de l'utilisation des terres et la destruction connexe des habitats naturels ou semi-naturels. La dégradation, l'appauvrissement et la fragmentation des habitats (ou l'unification des habitats, en particulier dans le cas des masses d'eau douce), l'introduction d'espèces invasives, et les effets directs des traitements chimiques ou mécaniques sur la reproduction, la dominance et la survie, figurent parmi les pressions les plus importantes. L'augmentation des dépôts azotés et des concentrations de CO₂ dans l'atmosphère favorise des groupes d'espèces ayant en commun certaines caractéristiques physiologiques ou relatives à leur cycle de vie fréquentes chez les espèces végétales invasives, ce qui leur permet d'exploiter les changements mondiaux. Le doublement des émissions d'azote dans le cycle d'azote terrestre, imputable aux activités humaines, pourrait accélérer l'appauvrissement de la diversité biologique. Les incidences des dépôts azotés sur les communautés végétales pourraient être plus marquées dans les écosystèmes pauvres en éléments nutritifs où les plantes autochtones qui se sont adaptées à ces sols risquent de ne pas résister à l'invasion d'autres espèces à la croissance plus rapide alors que les éléments nutritifs ne sont plus un facteur de limitation. Dans certains cas, la biodiversité locale pourrait augmenter, généralement à la suite d'introductions d'espèces pour lesquelles il est difficile de prévoir les conséquences à long terme. L'utilisation plus intensive des terres à l'échelle locale pourrait diminuer la demande de changement d'affectation ou d'augmentation de l'utilisation des terres dans d'autres zones, ce qui rédui-

rait l'appauvrissement de la biodiversité dans ces zones (voir Section 7). [GTII TRE Sections 5.2.3 et 5.7]

Si l'on dispose de peu de preuves indiquant que les changements climatiques ralentiront l'appauvrissement des espèces, il existe des preuves prévoyant une possible augmentation de l'appauvrissement des espèces. Selon certaines données paléocologiques, à l'échelle mondiale les biotes devraient produire en moyenne trois nouvelles espèces par an (plusieurs ordres de grandeur plus lents que le taux d'extinction estimé actuellement) mais avec de grandes variations de cette moyenne entre les ères géologiques. Des tendances de spéciation et d'extinction peuvent être quelquefois associées, à long terme, avec des changements climatiques, bien que des oscillations climatiques modérées ne soient pas nécessairement un facteur favorable à la spéciation, même si elles forcent des changements dans les aires de répartition géographique des espèces. De nombreuses espèces sont déjà menacées d'extinction en raison des pressions dues aux processus naturels et aux activités humaines. Les changements climatiques aggraveront ces pressions, en particulier pour les espèces ayant des aires de répartition climatique limitées et/ou des besoins limités en matière d'habitats. [GTII TRE Sections 5.2.3 et 5.4.1]

Des changements phénologiques devraient se produire pour de nombreuses espèces. Des changements d'ordre phénologique, comme la date d'épanouissement des bourgeons, des éclosions, des migrations, etc., ont déjà été observés pour de nombreuses espèces (voir Section 5.1). En général, ils sont étroitement liés à de simples variables climatiques telles que les températures minimales ou maximales ou les jours-degrés accumulés, et on peut faire des prévisions sur la tendance et l'importance approximative du changement. Les tendances observées, telles que l'épanouissement des bourgeons et la floraison plus précoces devraient se poursuivre. Mais, dans certains cas, les facteurs contrôlant les changements physiologiques peuvent ne pas changer simultanément (une plante répond à des signaux liés à la température et à la longueur du jour, par exemple), ou bien, la réponse phénologique d'une espèce peut ne pas correspondre à celle d'une autre espèce alimentaire ou prédatrice, et il y a donc décalage des stades de vie ou des comportements critiques. Le résultat est alors plus difficile à prédire. [GTII TRE Sections 5.4.3.1 et 5.5.3.2, et GTII TRE Tableau 5-3]

Conséquence générale des changements climatiques, les habitats de nombreuses espèces se déplaceront vers le pôle ou en altitude par rapport aux emplacements actuels. On a déjà observé des déplacements liés au climat des aires de répartition animale et des densités dans de nombreux points de la planète pour chaque grand groupe taxonomique animal (voir Section 5.1). Les changements les plus rapides devraient se produire là où ils sont accélérés par des changements des régimes de perturbations naturelles ou anthropiques. [GTII TRE Sections 13.2.2.1 et 16.2.7.2]

Il est probable que les espèces composant une communauté ne se déplaceront pas en même temps. Plus probablement, les espèces réagiront individuellement aux changements climatiques et aux régimes de perturbations, avec des décalages temporels et des périodes de réorganisation considérables. Cette tendance perturbera les écosystèmes établis et créera de nouveaux ensembles d'espèces moins diverses et à caractère plus proliférateur (c'est-à-dire des espèces très mobiles, capables de s'établir rapidement). [GTII TRE Sections 5.2, 10.2.3.1, et 19.1]

Au sein des écosystèmes dominés par des espèces longévives (arbres longévifs, etc.) les preuves des changements n'apparaîtront que lentement, et ces écosystèmes ne se remettront que lentement des contraintes d'origine climatique. Les change-

ments climatiques affectent fréquemment les stades vulnérables du cycle de vie, tels que l'établissement des semis, mais ne sont pas assez puissants pour augmenter la mortalité chez les plantes parvenues à maturité. Au sein de ces systèmes, les changements seront décalés de plusieurs années ou de plusieurs décennies par rapport aux changements climatiques, mais peuvent être accélérés par des perturbations sources de mortalité. De même, la migration vers de nouveaux habitats appropriés peut survenir plusieurs décennies après les changements climatiques, car cette dispersion peut être lente et souvent les nouveaux habitats sont déjà occupés par des espèces prolifiques qui se sont dispersées et établies rapidement. Dans les cas où les pressions liées au climat, y compris les parasites et les maladies, augmentent la mortalité des espèces longévives, la régénération menant à un état semblable à l'état d'origine pourra prendre des décennies ou des siècles, si tant est qu'elle a lieu. [DDS Q5.8 et GTII TRE Sections 5.2.2 et 5.6.2]

Les changements climatiques influenceront sur les écosystèmes forestiers directement et indirectement par des interactions avec d'autres facteurs, tels que les changements d'affectation des terres. Les modèles d'écosystèmes et climatiques indiquent que, sur une grande échelle, les zones climatiques adaptées aux espèces de plantes tempérées et boréales pourront connaître un déplacement de 200 à 1 200 km vers le nord d'ici 2100 (étant donné le réchauffement prévu de 2 à 8°C pour la plupart des masses terrestres aux latitudes moyennes et élevées). Les données paléocologiques montrent que par le passé la plupart des espèces végétales se sont déplacées à un rythme de 20 à 200 km seulement par siècle, bien que ce déplacement ait pu être limité par les rythmes de changements climatiques de l'époque. Pour un grand nombre d'espèces végétales, les rythmes de migration actuels seront encore plus lents en raison de la fragmentation des habitats par les activités humaines. Ainsi, le mouvement de la couverture forestière vers le pôle pourrait se produire des décennies ou des siècles après les variations de température, comme cela a été le cas pour la migration de diverses espèces arborées après la dernière ère glaciaire. On peut aussi se demander si le développement structurel des sols pourra suivre le rythme des changements climatiques. L'augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux et les changements causés par la fonte du pergélisol auront aussi des effets sur le fonctionnement des écosystèmes. Il est probable que la composition animale et végétale des forêts changera et que de nouveaux ensembles d'espèces remplaceront des types de forêts existant et dont la biodiversité peut être moins grande. [DDS Q3.7 et Q3.12, DDS Figures 3-1 à 3-3, GTII TRE Sections 5.2, 5.6, 13.2.2.1, 15.2, et 16.2.7, et GTII DRE Section 1.3]

La majorité des biotes des sols ont des optima thermiques relativement étendus, et il est donc peu probable qu'ils soient directement affectés négativement par des variations de température, bien que certaines indications mettent en évidence des changements de l'équilibre entre les types fonctionnels de sols. L'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ et les changements de la teneur en humidité des sols influenceront sur les organismes présents dans les sols lorsque les intrants organiques du sol (couches de feuilles mortes, etc.) et la répartition des racines minces souterraines seront modifiés. La répartition des espèces individuelles du biote du sol pourra être affectée par les changements climatiques lorsque les espèces sont associées à une végétation spécifique et ne peuvent pas s'adapter au même rythme que celui des changements de la couverture terrestre. [GTII TRE Section 13.2.1.2]

Les effets des changements d'origine thermique sur les lacs et les cours d'eau seraient moindres aux moyennes latitudes tropicales et modérées, et plus marqués aux latitudes élevées qui

devraient connaître les variations thermiques les plus importantes. Des températures extrêmes de l'eau peuvent détruire les organismes, alors que des variations thermiques plus modérées contrôlent les processus biologiques (taux physiologique et performance comportementale) et influent sur les choix d'habitats. Les optima thermiques pour de nombreuses taxa d'eau froide des latitudes moyennes et élevées sont inférieurs à 20°C; à l'avenir, les températures estivales pourraient être supérieures aux tolérances thermiques de certaines espèces. Mais étant donné que les plages de tolérance thermiques varient entre les espèces, les variations thermiques peuvent entraîner des changements de la composition des espèces susceptibles d'influer sur la productivité générale des écosystèmes d'eau douce et leur utilité pour les êtres humains. Les effets du réchauffement sur les écosystèmes des cours d'eau et des fleuves seront plus marqués dans les zones humides, où les débits sont moins variables et où les interactions biologiques contrôlent l'abondance des organismes (par exemple, dans les petits cours d'eau où, en été, d'importants déversements souterrains maintiennent une température maximale de l'eau relativement basse). Des espèces disparaîtront aux limites de répartition à basse latitude en cas d'augmentation des températures estivales dans les cours d'eau, lacs et étangs non stratifiés peu profonds, qui n'offrent pas de zones refuges plus froides. Dans la partie sud des Grandes Plaines aux États-Unis, par exemple, en été, des températures de l'eau entre 38 et 40°C sont déjà proches des limites létales pour de nombreux poissons autochtones des rivières. Si l'on en croit les prévisions de réchauffement climatique, aux États-Unis, les habitats des poissons de rivières pour les espèces d'eau froide et fraîche risquent de diminuer considérablement. Certaines espèces tropicales de zooplancton ont des seuils de température de reproduction proches des températures actuelles, ce qui pourrait avoir des effets sur leur répartition. Des augmentations expérimentales des températures des rivières en automne — passant de la température ambiante, soit près de 10°C, à environ 16°C — s'avèrent létales pour 99% des larves de perles (*Soyedina carolinensis*). L'étude de l'augmentation des taux de respiration microbienne associée à des températures plus élevées indique que les ressources alimentaires pour les invertébrés se nourrissant de déchets végétaux terrestres peuvent augmenter à court terme dans les cours d'eau. Mais des taux de respiration microbienne plus élevés augmenteront les taux de décomposition des matières organiques et risqueront de réduire la période de disponibilité des déchets pour les invertébrés. Par ailleurs, des variations du niveau d'eau des lacs dues à l'évolution climatique auront des effets significatifs sur les ensembles de biotes près des rivages. La baisse du niveau de l'eau séparera davantage les lacs de leurs terres humides riveraines, ce qui aura des répercussions sur les populations. Ainsi, le grand brochet, qui pond dans les champs de laiche inondés au début du printemps et dont les alevins restent dans ces champs pendant une vingtaine de jours après l'éclosion, serait particulièrement affecté par la baisse printanière du niveau d'eau. [GTII DRE Sections 10.6.1, 10.6.2.2, et 10.6.3.1-2]

Des températures plus élevées modifieront les cycles thermiques des lacs et la solubilité de l'oxygène et d'autres matériaux, ce qui influera sur la structure et la fonction des écosystèmes. Une diminution de la concentration d'oxygène pourrait modifier la structure des communautés, généralement dans le sens de l'appauvrissement, en particulier si la tendance est aggravée par une eutrophisation liée à l'utilisation des terres. Des disparitions d'espèces locales sont plus susceptibles de se produire lorsque, dans les lacs, l'élévation des températures et l'anoxie diminuent le nombre de zones refuges d'eau froide profonde (refuges contre les prédateurs ou le stress thermique) — refuges qui sont indispensables à certaines espèces. Dans les lacs aux hautes latitudes, l'élévation des températures pourrait aussi dimi-

nuer la couverture de glace hivernale car la durée de la couverture de glace et les dates de rupture des glaces sont parmi les facteurs qui déterminent la composition des espèces, en particulier les espèces diatomées. L'élévation thermique des couches d'eau peu profondes pourrait diminuer la qualité nutritionnelle du phytoplancton comestible ou modifier la composition de la communauté de phytoplancton en diminuant les taxa diatomées (plus nutritives) et en augmentant les cyanobactéries et les algues vertes moins nutritives. [GTII TRE

Sections 13.2.2.3 et 13.2.3.2, et GTII DRE Section 10.6.1]

Les changements climatiques auront un effet marqué sur les écosystèmes d'eau douce en modifiant les processus hydrologiques. Les effets conjugués des changements climatiques (températures et précipitations) et des changements des bassins hydrographiques et des rives en raison des activités humaines devraient influencer sur les processus hydrologiques de nombreux écosystèmes d'eau douce. Les effets majeurs de ces changements des processus hydrologiques sur la productivité des cours d'eau et des fleuves résulteront de la diminution des débits prévue à des latitudes moyennes, des variations des quantités et du type des précipitations hivernales, des dates de fonte des neiges, et de l'augmentation de l'ampleur et de la fréquence des phénomènes extrêmes (inondations et sécheresses). Des débits plus faibles (suite à la diminution des précipitations et/ou de l'augmentation de l'évapotranspiration) augmenteraient le risque de débits intermittents pour les petits cours d'eau. L'assèchement prolongé des lits des cours d'eau diminue la productivité des écosystèmes car l'habitat aquatique est limité, la qualité de l'eau se détériore (augmentation du déficit en oxygène) et la compétition et la prédation intense réduisent la biomasse totale. La régénération des invertébrés vivant dans les cours d'eau lors de la réapparition de l'eau peut être lente. Le risque de débits intermittents peut être particulièrement élevé en cas d'alimentations souterraines faibles ou en baisse. Les effets des changements climatiques seront particulièrement marqués dans les zones humides à cause de la modification des régimes hydrologiques, notamment le caractère et la variabilité des saisons humides et sèches et le nombre et la gravité des phénomènes extrêmes. [GTII TRE Sections 4.4, 5.7, et 5.8.2, et GTII DRE Section 10.6.2.1]

Des changements de la fréquence, de l'intensité, de l'étendue et des emplacements des perturbations influenceront sur les possibilités et le mode de réorganisation des écosystèmes actuels et le rythme auquel ils seront remplacés par de nouveaux ensembles de faune et de flore. Les perturbations peuvent à la fois accélérer l'appauvrissement des espèces et créer des opportunités d'établissement pour de nouvelles espèces. [DDS Q4.18 et GTII TRE Section 5.2], par exemple:

- **Des changements des régimes de perturbations associés à l'évolution climatique incluent des modifications de la fréquence, de l'intensité, et de l'emplacement des perturbations, telles que les feux et les infestations parasitaires.** Dans la plupart des régions, la fréquence des feux devrait augmenter en raison des températures estivales plus élevées et d'une augmentation possible du nombre de petits combustibles inflammables (arbustes et graminées, etc.). Dans certaines régions, une augmentation des précipitations pourrait contrebalancer ces effets, et la fréquence et l'intensité des perturbations pourraient être inchangées ou diminuer. Les populations d'un grand nombre d'espèces parasitaires sont limitées par les basses températures à certains stades de leur cycle de vie, et le réchauffement climatique devrait entraîner une augmentation des infestations parasitaires dans certaines régions. [GTII TRE Sections 5.3.3.2, 5.5.3, et 5.6.3, et GTII DRE Section 13.4]
- **Les incidences des interactions entre les changements climatiques et les variations des régimes de perturbations et leurs effets sur les interactions biologiques peuvent entraîner des changements rapides de la composition et de la structure de la végétation.** Cependant, leur complexité est telle qu'il est difficile de prévoir l'étendue quantitative de ces changements. L'exemple de la tordeuse des bourgeons de l'épinette dans les forêts boréales illustre la complexité des interactions entre les perturbations, les parasites et les changements climatiques. Fréquemment, les infestations par la tordeuse de bourgeons se produisent après des sécheresses et/ou des étés secs, qui aggravent les contraintes sur les arbres hôtes et augmentent le nombre d'œufs pondus par la tordeuse de bourgeons. La sécheresse et les températures plus élevées influent sur la phénologie et les interactions dynamiques de cette espèce parasitaire en modifiant ses interactions avec les gels, les arbres hôtes, leurs parasites et les oiseaux qui se nourrissent de tordeuses de bourgeons. L'aire de répartition géographique septentrionale de la tordeuse de bourgeons pourrait se déplacer vers le nord en raison des températures plus élevées, et, dans le cas d'une augmentation de la fréquence des sécheresses, les infestations pourraient être plus fréquentes et plus sévères, et provoquer des changements écologiques majeurs. Sur la limite méridionale, l'aire de répartition d'un grand nombre de fauvettes qui se nourrissent de tordeuses des bourgeons pourrait se déplacer vers le pôle, et peut-être même disparaître dans les zones situées à des latitudes inférieures à 50°N. Si les mécanismes de contrôle biologique sont remplacés par des mécanismes de contrôle chimique (pesticides, etc.), un nouvel ensemble de problèmes pourrait apparaître en raison des problèmes socio-économiques liés à l'utilisation de pesticides à grande échelle. L'arrivée anormalement précoce ou tardive des pluies dans les régions caractérisées par une saisonnalité marquée (tropiques humides-secs, etc.) est un autre exemple de l'interaction entre les changements climatiques et les régimes de perturbations. Ainsi les régions boisées de Miombo en Afrique australe sont sensibles à l'arrivée des pluies printanières et risquent de subir des changements importants en matière de dominance végétale et animale dans le cas d'une modification des régimes de précipitations ou des changements des régimes de feux et des besoins pastoraux. Notre capacité à prévoir les changements résultant de ces processus dépend autant de l'utilisation de scénarios à haute résolution à variables pertinentes, telles que les volumes et l'intensité de précipitations spécifiques, que de l'utilisation de modèles sur les réponses biologiques. [GTII TRE Sections 5.5, 5.6.2–3, et 10.2.3]
- **Des changements des régimes de perturbations peuvent être en interaction avec des changements climatiques pour influencer sur la diversité biologique — par exemple, par des « modifications » rapides et discontinues des écosystèmes.** Des changements des régimes de pâturages et de feux liés à la gestion des terres au cours du siècle passé ont, semble-t-il, augmenté la densité des plantes ligneuses dans des zones géographiques étendues en Australie et en Afrique australe. De toute évidence, des modifications des écosystèmes à grande échelle (transformation de savanes en prairies, de forêts en savanes, de zones arbustives en prairies) se sont produits par le passé (lors des changements climatiques liés aux ères glaciaires et interglaciaires en Afrique), mais il y a pu avoir atténuation de l'appauvrissement de la diversité lorsque les espèces et les écosystèmes ont eu le temps de se déplacer. Les changements des régimes des perturbations et du climat au cours des prochaines décennies entraîneront probablement des

effets de seuils similaires dans certaines régions. [GTII TRE Sections 5.4–5, 10.2.3, 11.2.1, 12.4.3, et 14.2.1]

Les données et modèles nécessaires à la prévision de l'étendue et de la nature des futurs changements des écosystèmes et de la répartition géographique des espèces étant incomplets, les effets ne peuvent être que partiellement quantifiés. La réponse intégrée des écosystèmes aux changements atmosphériques tels que l'augmentation du CO₂ est incertaine, en dépit de certaines études sur les réponses des espèces individuelles à l'augmentation de CO₂ dans des systèmes forestiers et pastoraux expérimentaux. Une augmentation du CO₂ atmosphérique, par exemple, peut accroître sensiblement l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour les espèces de graminées, ce qui peut augmenter la charge de combustible herbacé, et même l'alimentation en eau des arbres à racines profondes. Selon de récentes analyses des interactions arbres/graminées dans la savane, une augmentation du CO₂ atmosphérique pourrait augmenter la densité des arbres, et cette modification des écosystèmes pourrait avoir d'importantes répercussions sur les animaux brouteurs et leurs prédateurs. Une charge de combustible plus élevée peut augmenter la fréquence et l'intensité des feux, avec risque de réduction de la survie des arbres et de diminution du carbone stocké. Le résultat final dépend de l'équilibre précis entre des contraintes opposées et variera probablement au plan spatial et temporel en fonction de la composition des espèces, en reflétant l'évolution de cet équilibre. La photosynthèse des plantes C₃ devrait réagir de façon plus marquée à l'enrichissement par le CO₂ que dans le cas des plantes C₄, ce qui pourrait augmenter la répartition géographique des plantes C₃ (dont un grand nombre sont des plantes ligneuses) aux dépens des graminées C₄. Ces processus dépendent des caractéristiques des sols et des facteurs climatiques, à savoir température, précipitations, et nombre de jours de gel. Le rythme et la durée du changement dans la répartition des plantes C₃ et C₄ seront probablement affectés par les activités humaines (par exemple, lorsque des besoins en pâturages élevés peuvent augmenter le nombre de sites pour l'établissement des graminées C₄). [GTII TRE Sections 5.5–6]

Les modèles des changements de la répartition mondiale de la végétation sont souvent extrêmement sensibles à des variables pour lesquelles les prévisions sont encore insuffisantes (équilibre hydrologique, etc.) et les données initiales inadéquates (données de fragmentation à fine résolution). Des modèles simulant les variations de l'abondance d'espèces importantes ou de « groupes fonctionnels » d'espèces sur une base annuelle (ou saisonnière) en réponse aux résultats de modèles de circulation générale (MCG) sont développés et utilisés pour évaluer le potentiel de stockage de carbone général de la biosphère terrestre. Il est encore trop tôt pour affirmer la fiabilité totale de leurs résultats en ce qui concerne des biomes ou des écosystèmes spécifiques. Ces résultats soulignent la sensibilité des écosystèmes au traitement de l'utilisation de l'eau, et en particulier à l'équilibre entre les variations des ressources en eau en raison des changements climatiques (souvent une diminution dans un climat plus chaud) et à la réponse à l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ dans l'atmosphère (souvent une utilisation de l'eau plus rentable). Par conséquent, les résultats des modèles peuvent varier considérablement selon le MGC utilisé, étant donné que ces MGC ont tendance à produire différentes variabilités interannuelles des précipitations et donc des ressources en eau. La simulation de la disparition de la végétation suite à des perturbations telles que les feux, les ouragans, les tempêtes de givre, ou les infestations parasitaires, et la migration des espèces ou des groupes d'espèces vers de nouveaux emplacements, est particulièrement difficile. D'autres études ont souligné la sensibilité des modèles dans le cas d'hypothèses sur la disper-

sion et donc sur la capacité migratoire. La modification du modèle IMAGE2 afin d'y inclure une dispersion illimitée, une dispersion limitée et une absence de dispersion, a produit des profils de changements végétaux très différents, en particulier dans les régions à latitude élevée. [GTII TRE Sections 5.2.2, 5.2.4.1, et 10.2.3.2]

6.2.2. Diversité biologique et changements de la productivité

Les changements de la diversité biologique et les changements connexes du fonctionnement des écosystèmes peuvent avoir des répercussions sur la productivité de la diversité biologique (voir Encadré 4). Ils peuvent influencer sur les biens et les services critiques nécessaires aux sociétés humaines (aliments, fibres, etc.), et peuvent également affecter le stockage du carbone dans les écosystèmes océaniques et terrestres, avec des effets sur le cycle mondial du carbone et la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre.

À l'échelle mondiale, la production nette du biome semble être en augmentation. Des simulations, des données d'inventaire et des analyses inverses indiquent une accumulation du carbone au cours des dernières décennies, par les écosystèmes terrestres, et ceci pour plusieurs raisons, à savoir la réaction des végétaux aux changements d'affectation et de gestion des terres (reboisement et régénération des terres en friche, etc.), l'augmentation des dépôts azotés anthropiques, des concentrations atmosphériques de CO₂, et, à terme, du réchauffement climatique. [GTII TRE Section 3.2.2, GTII TRE Section 5.6.1.1, et RSUTCATF Section 1.2.1]

Les grandes perturbations des écosystèmes (disparition d'espèces dominantes ou disparition d'un nombre élevé d'espèces, et donc d'une grande partie de la redondance) peuvent diminuer la production nette de l'écosystème (PNE) pendant la période de transition. L'appauvrissement des écosystèmes étendus et riches en biodiversité ne signifie pas nécessairement une diminution de la production. Il existe une corrélation entre la répartition géographique de la biodiversité, la température mondiale et les régimes de précipitations, ainsi que d'autres facteurs. Des changements climatiques rapides perturberont ces régimes (en général en appauvrissant la biodiversité) sur des décennies ou des siècles, et seront reflétés par les changements et l'adaptation des écosystèmes. Il est possible que les changements de la production ne soient pas aussi marqués que ceux de la biodiversité. Mais, à l'échelle mondiale, les incidences des changements climatiques sur la biodiversité et les répercussions sur la production n'ont pas été estimées. Certaines théories et études expérimentales mettent en évidence l'existence d'un niveau de redondance dans la plupart des écosystèmes; et la contribution productive d'une espèce qui disparaît dans un écosystème sera souvent remplacée par celle d'une autre espèce (qui peut être une espèce invasive). [DDS Q3.18, GTII TRE Sections 5.2, 5.6.3.1, 10.2.3.1, 11.3.1, et 12.5.5, et GTII DRE Section 1.2]

Le rôle de la diversité biologique pour la préservation de la structure, du fonctionnement et de la production des écosystèmes est encore mal compris, et cette question n'a pas été abordée directement dans les rapports du GIEC. Il s'agit cependant d'un domaine d'études qui fait l'objet d'un grand nombre de recherches théoriques et expérimentales, et pour lequel on peut espérer une augmentation rapide des connaissances. [GTII TRE Section 13.2.2]

Encadré 4. Production et termes associés [GTI TRE Section 3.2.2 et GTII TRE Section 5.2]

La production peut être mesurée de plusieurs façons, notamment par le calcul de la production primaire nette (PPN), de la production nette de l'écosystème (PNE), et de la production nette du biome (PNB). Les plantes sont à la base de la plus grande partie de l'absorption de carbone par les écosystèmes terrestres. La plus grande partie de ce carbone retourne dans l'atmosphère via divers processus, notamment la respiration, la consommation (suivie par la respiration animale et microbienne), la combustion (feux) et l'oxydation chimique. La production primaire brute (PPB) est l'absorption totale par photosynthèse alors que la PPN est le taux d'accumulation de carbone après prise en compte des pertes dues à la respiration végétale et autres processus métaboliques pour la préservation des systèmes vivants de la plante. La consommation de matière végétale par les animaux, fungi et bactéries (respiration hétérotrophique) renvoie le carbone dans l'atmosphère; la PNE est le taux d'accumulation de carbone sur la totalité d'un écosystème et sur l'ensemble d'une saison (ou sur une autre échelle temporelle). Dans un écosystème donné, la PNE est positive la plupart du temps et il y a accumulation du carbone, bien que celle-ci soit lente. Cependant, des perturbations importantes, telles que les feux ou les phénomènes extrêmes qui détruisent de nombreux composants du biote, entraînent l'émission de quantités de carbone supérieures à la normale. L'accumulation moyenne du carbone sur de grandes zones géographiques et/ou sur de longues périodes représente la PNB. Les mesures d'atténuation basées sur le piégeage du carbone à long terme visent à augmenter la PNB.

6.3. Incidences prévues sur la biodiversité des écosystèmes côtiers et marins

Les systèmes côtiers et marins subissent les effets d'une multitude d'activités humaines (développement côtier, tourisme, défrichement, pollution et surexploitation de certaines espèces, etc.), ce qui entraîne en particulier la dégradation des récifs coralliens, mangroves, herbiers marins, zones humides côtières, et plages. Les changements climatiques auront des effets sur les caractéristiques physiques, biologiques et biogéochimiques des océans et des côtes à diverses échelles temporelles et spatiales, et la modification de la structure et des fonctions écologiques créera à son tour des rétroactions sur le système climatique.

6.3.1. Incidences prévues sur les écosystèmes des régions côtières

Les récifs coralliens subiront des effets néfastes dans le cas d'une augmentation des températures à la surface des océans de plus de 1°C au-dessus du maximum saisonnier. Le blanchissement corallien s'étendra probablement d'ici 2100 (voir la Section 5.2 pour les effets observés sur les récifs coralliens) suite à l'augmentation minimale prévue de 1 à 2°C des températures à la surface de la mer. À court terme, si les températures à la surface de la mer augmentent de plus de 3°C et si cette augmentation se poursuit pendant plusieurs mois, il y aura probablement une destruction considérable des coraux. Par ailleurs, une augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ et donc du CO₂ océanique, influe sur la capacité de la faune et de la flore des récifs à fabriquer des squelettes calcaires (calcification des

récifs); le doublement des concentrations atmosphériques de CO₂ pourrait réduire la calcification des récifs et diminuer la capacité du corail à croître en hauteur et à s'adapter à l'élévation du niveau de la mer. Les effets conjugués de l'élévation thermique à la surface des océans et de l'augmentation des concentrations de CO₂ pourraient être un appauvrissement de la biodiversité des récifs et l'augmentation de la fréquence des infestations de parasites et de maladies dans le système du récif. Les effets d'une diminution de la production des écosystèmes des récifs sur les oiseaux et les mammifères marins devraient être considérables. [GTII TRE Sections 6.4.5 et 17.2.4]

L'élévation du niveau de la mer, associée à d'autres facteurs climatiques, influera probablement sur les zones humides d'eau douce dans les régions de faible élévation. Dans les régions tropicales, par exemple, les plaines d'inondations de faible élévation et les marécages associés pourraient être déplacés par des habitats d'eau de mer sous l'effet de l'action conjuguée de l'élévation du niveau de la mer, de l'augmentation de l'intensité des pluies de mousson et des marées ou des ondes de tempêtes. L'ingression d'eau de mer dans les aquifères d'eau douce représente un autre problème potentiel majeur. [GTII TRE Sections 6.4 et 17.4]

L'érosion des plages et des récifs devrait se poursuivre en raison des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer. L'érosion côtière, qui est déjà un problème pour de nombreuses côtes pour d'autres raisons que l'élévation accélérée du niveau de la mer, sera probablement aggravée par l'élévation du niveau de la mer et aura des effets néfastes sur la biodiversité côtière. Une augmentation de 1 m du niveau de la mer devrait entraîner la disparition de 14% (1 030 ha) de la masse terrestre de l'île de Tongatapu, aux Tonga, et de 80% (60 ha) de la masse terrestre sur l'atoll de Majuro, dans les îles Marshall, et modifiera la biodiversité générale. Des processus semblables devraient influencer sur des espèces végétales endémiques à Cuba, des espèces d'oiseaux menacées et d'oiseaux nicheurs à Hawaii et sur d'autres îles, et entraîner la disparition de pollinisateurs importants tels que les roussettes (*Pteropus* sp.) à Samoa. [GTII TRE Sections 6.4.2, 14.2.1.5, et 17.2.3]

À l'échelle mondiale, environ 20% des terres humides côtières pourraient disparaître d'ici 2080 en raison de l'élévation du niveau de la mer, avec des variations régionales importantes. Cet appauvrissement renforcerait d'autres tendances négatives quant à la disparition des zones humides, disparition imputable principalement à d'autres activités humaines. [GTII TRE Section 6.4.4]

Les incidences de l'élévation du niveau de la mer sur les écosystèmes côtiers (mangroves, marécages, herbiers marins, etc.) varieront régionalement et dépendront des processus d'érosion par la mer et des processus de dépôts d'origine terrestre, par exemple:

- **La capacité d'adaptation des mangroves face à l'élévation du niveau de la mer variera régionalement.** Les mangroves occupent une zone de transition entre la mer et la terre qui est le résultat d'un équilibre entre les processus d'érosion par la mer et les processus de dépôts d'origine terrestre. Les effets des changements climatiques sur les mangroves dépendront donc de l'interaction entre ces processus et l'élévation du niveau de la mer. Par exemple, les mangroves des côtes d'îles de faible élévation, où les charges de sédimentation sont élevées et les processus d'érosion faibles, pourront peut-être mieux réagir à l'élévation du niveau de la mer car les dépôts créeront de nouveaux habitats pour la colonisation des mangroves. Dans

certains cas, où les mangroves ne peuvent se déplacer vers l'intérieur des terres face à l'élévation du niveau de la mer, il pourra y avoir effondrement du système (zone humide de Port Royal à la Jamaïque, etc.). [GTII TRE RID et GTII TRE Sections 6.4.4, 14.2.3, 14.3, et 17.2.4]

- **Dans certaines régions, le rythme actuel du gain en hauteur des marécages ne suffit pas pour contrebalancer l'élévation relative du niveau de la mer.** L'adaptation des marais côtiers à l'élévation du niveau de la mer est affectée par l'apport en sédiments et l'environnement de l'arrière littoral. En général, le rythme d'accrétion des marais côtiers suit celui de l'élévation et des fluctuations du niveau de la mer, mais le rythme d'accrétion maximum durable est variable. Dans les zones où l'apport en sédiments est faible ou l'environnement de l'arrière littoral contient une infrastructure fixe, l'érosion frontale des marais peut se produire conjointement avec l'élévation du niveau de la mer et appauvrir considérablement les zones humides côtières. [GTII TRE Section 6.4.4]
- **La capacité des récifs frangeants et des récifs-barrières à réduire les effets des orages et fournir des sédiments est diminuée par les effets de l'élévation du niveau de la mer.** Les récifs frangeants et les récifs-barrières ont une fonction importante, à savoir la réduction des effets des tempêtes sur les côtes et l'apport en sédiments sur les plages. Si ces services diminuent, les écosystèmes à l'arrière des plages sont plus exposés et donc plus susceptibles de changer. Leur détérioration ou disparition pourrait avoir des effets économiques significatifs. [GTII TRE Sections 6.4.1–2]
- **La disponibilité des sédiments, alliée à l'élévation des températures et à l'augmentation de la profondeur de l'eau suite à l'élévation du niveau de la mer, aura des effets néfastes sur les fonctions productives et physiologiques des herbiers marins.** Ceci serait néfaste pour les populations de poissons qui dépendent des herbiers marins et pourrait porter atteinte aux fondations économiques de nombre de petites îles pour lesquelles des environnements côtiers « stables » sont indispensables pour subvenir à leurs besoins. [GTII TRE Sections 6.4.4 et 17.4.2.3, et IRCC Section 9.3.1.3]
- **Les deltas en voie de dégradation — du fait d'un faible apport en sédiments, de l'affaissement des terrains, et d'autres contraintes — seront particulièrement sensibles à un accroissement des inondations, à la régression du rivage et à la détérioration des zones humides.** Les deltas sont particulièrement sensibles à l'élévation du niveau de la mer, ce qui aggravera les effets néfastes des taux d'apport de sédiments réduits par les activités humaines, comme dans les deltas du Rhône, de l'Ebre, de l'Indus, et du Nil. L'extraction des eaux souterraines peut provoquer des affaissements de terrains et une élévation relative du niveau de la mer qui renforcera la vulnérabilité des deltas, comme cela est prédit pour la Thaïlande et la Chine. Dans les régions où l'affaissement des terrains et l'élévation relative du niveau de la mer ne seront pas contrebalancés par l'accumulation de sédiments, les processus liés aux inondations et au niveau de la mer seront dominants et entraîneront une diminution importante des terres extérieures sur les deltas en raison de l'érosion des vagues. Par exemple, en raison de l'élévation du niveau de la mer prévue, une grande partie des deltas de l'Amazonie, de l'Orénoque, et du Paraná/Plata seront affectés. Si des taux d'accrétion verticale résultant de l'apport en sédiments et de la production de matériau organique sur place ne contrebalancent pas l'élévation du niveau de la mer, l'engorgement des sols des zones humides détruira la végétation émergente, et il y aura diminution rapide de l'accré-

tion en raison de la décomposition de la masse racinaire souterraine, et, à terme, submersion et érosion du substrat. [GTII TRE Sections 6.4.1–3]

6.3.2. Incidences prévues sur les écosystèmes marins

Dans nombre de régions, la répartition moyenne du plancton et de la production marine dans les océans pourraient changer au cours du XXI^e siècle, sous l'effet des changements prévus des températures à la surface de la mer, de la vitesse des vents, de l'apport d'éléments nutritifs et de la lumière solaire. L'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ pourrait réduire le degré d'acidité de l'eau de mer. Les quantités d'éléments nutritifs à la surface pourraient diminuer si la stratification océanique réduit l'apport d'éléments nutritifs fondamentaux provenant des profondeurs océaniques. Dans les zones où l'apport d'éléments nutritifs provenant des profondeurs océaniques est un facteur de limitation, la stratification réduirait la production marine, et donc le degré d'absorption du carbone par les processus biologiques; alors que dans les régions où la lumière est le facteur de limitation, la stratification pourrait augmenter l'exposition à la lumière des organismes marins, et donc augmenter la production. [GTII TRE Sections 3.2 et 5.5.2.1]

Les changements climatiques auront des incidences bénéfiques et néfastes sur la richesse et la répartition du biote marin. Les effets de la pêche et des changements climatiques affecteront la dynamique des communautés de poissons et de coquillages. Les incidences des changements climatiques sur le système océanique incluent, entre autres, des modifications imputables à la température à la surface de la mer de la répartition géographique du biote marin et des modifications de la composition de la biodiversité, en particulier aux latitudes élevées. L'ampleur de ces incidences variera probablement considérablement, en fonction des caractéristiques des espèces et des communautés et des conditions régionales particulières. On ignore comment les changements climatiques prévus affecteront le volume et l'emplacement de la réserve d'eau chaude du Pacifique central et occidental, mais si le nombre de phénomènes de type El Niño augmente, un mouvement vers l'est du centre riche en thon pourrait devenir plus persistant. Le réchauffement de l'Océan Pacifique nord réduira la répartition géographique du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*), qui migrera du Pacifique Nord vers la Mer de Béring. Il existe des liens évidents entre l'intensité et l'emplacement du système de basse pression des Aléoutiennes dans l'Océan pacifique et les tendances de production d'un grand nombre d'espèces de poissons importantes au plan commercial. [GTII TRE Section 6.3.4]

Les changements climatiques pourraient influencer sur les chaînes alimentaires, en particulier celles qui incluent les mammifères marins. Des saisons sans glace plus longues dans l'Arctique, par exemple, pourraient prolonger le jeûne des ours polaires et influencer sur l'état nutritionnel, les taux de reproduction des ours, et jusqu'à l'abondance de la population de phoques. Une diminution de la couverture de glace et de l'accès aux phoques limiterait les possibilités de chasse par les ours et les renards polaires, ce qui entraînerait une réduction des populations d'ours et de renards. La diminution de la glace marine dans l'Arctique et l'Antarctique pourrait modifier la répartition saisonnière, les aires géographiques, les schémas migratoires, l'état nutritionnel, les taux de reproduction, et éventuellement l'abondance des mammifères marins. [GTII TRE Section 6.3.7]

Les écosystèmes marins peuvent être affectés par des facteurs d'ordre climatique, et ces changements à leur tour peuvent créer des rétroactions sur le système climatique. Les prévisions à long terme des réponses biologiques sont rendues plus difficiles

par des scénarios insuffisants sur les conditions physiques et chimiques dans la partie supérieure des océans dans le contexte de la modification des régimes climatiques, et par une compréhension insuffisante de l'acclimatation physiologique et des adaptations génétiques des espèces à l'augmentation partielle de la pression du CO₂. Certaines espèces de phytoplancton libèrent du sulfure de diméthyle dans l'atmosphère, un composant chimique associé à la formation des noyaux de condensation des nuages. Les modifications de la richesse ou de la répartition de ces espèces de phytoplancton peuvent constituer de nouvelles rétroactions sur les changements climatiques. [GTI TRE Sections 3.2.3 et 5.2.2]

6.4. *Espèces vulnérables et écosystèmes (terrestres, côtiers et marins)*

De nombreuses espèces mondiales sont déjà menacées d'extinction en raison des contraintes dues aux processus naturels et aux activités humaines. Les changements climatiques renforcent ces contraintes pour de nombreuses espèces menacées et vulnérables. Pour certaines espèces, les changements climatiques pourront atténuer certaines de ces contraintes.

Certaines espèces sont plus sensibles aux changements climatiques que d'autres. Les espèces à aires de répartition climatiques limitées et/ou à besoins spécifiques en matière d'habitat sont généralement les plus vulnérables. Dans nombre de régions de montagne, des espèces endémiques ayant des besoins spécifiques en matière d'habitats risquent de disparaître si elles ne peuvent pas se déplacer en altitude. Les biotes spécifiquement insulaires (oiseaux, etc.) ou péningulaires (le Royaume floral du Cap, y compris la région des fynbos en Afrique du Sud australe) sont confrontés à des problèmes similaires. En outre, les biotes ayant des caractéristiques physiologiques ou phénologiques particulières (par exemple, des biotes pour lesquels la détermination du sexe dépend de la température, comme dans le cas des tortues de mer et des crocodiles, les amphibiens à la peau et aux œufs perméables) pourraient être particulièrement vulnérables. Les incidences des changements climatiques sur ces espèces sont dues probablement à des contraintes physiologiques directes exercées par la disparition ou la modification des habitats, et/ou des changements des régimes de perturbations. Pour les espèces, le risque d'extinction augmente lorsque les aires de répartition sont limitées, et que les habitats et les populations diminuent. À l'opposé, pour les espèces bénéficiant d'aires de répartition non fragmentées et étendues, de mécanismes de dispersion rapides, et de larges populations, le risque d'extinction est moins grand. Certaines espèces menacées devraient bénéficier d'une amélioration des habitats (les poissons d'eau chaude dans les lacs peu profonds dans les régions tempérées, etc.), ce qui diminuerait leur vulnérabilité. [GTII TRE Sections 5.4.1, 5.7.3, 17.2.3, et 19.3.3.1]

Le risque d'extinction augmentera pour de nombreuses espèces, notamment celles déjà menacées en raison de facteurs tels que des populations peu nombreuses, des habitats limités ou fragmentés, des fourchettes climatiques limitées ou un environnement situé sur des îles de faible élévation ou près du sommet des montagnes. De nombreuses espèces et populations animales sont déjà menacées, et cette tendance devrait s'accroître sous l'effet conjugué des changements climatiques qui rendront une partie des habitats inutilisable et des changements d'affectation des terres qui fragmentent les habitats et créent des obstacles aux migrations des espèces. En l'absence de gestion appropriée, suite à des changements climatiques rapides, associés à d'autres contraintes, nombre d'espèces actuellement jugées très menacées disparaîtront, et plusieurs d'entre elles jugées menacées ou vulnérables deviendront bien plus rares, et donc proches du seuil d'extinction, au cours du XXI^e siècle. [GTII TRE Sections 5.4.3 et 17.2.3]

Les écosystèmes géographiquement limités sont potentiellement vulnérables aux changements climatiques. Les récifs coralliens, les forêts de mangroves et autres zones humides côtières, les écosystèmes alpins (de plus de 200 à 300 m), les prairies humides, les prairies indigènes, les écosystèmes recouvrant le pergélisol ou aux limites des glaces, figurent parmi ces écosystèmes limités et vulnérables. Les risques spécifiques à ces écosystèmes sont examinés plus en détail dans une autre partie du présent rapport.

On peut prévoir des variations régionales des incidences des changements climatiques sur la biodiversité en raison des interactions entre les facteurs de l'appauvrissement de la biodiversité. Une étude effectuée à partir d'une évaluation scientifique et d'une modélisation qualitative a conclu qu'au cours du XXI^e siècle, les écosystèmes méditerranéens et les écosystèmes des prairies connaîtront probablement les changements proportionnels les plus importants de leur biodiversité en raison de l'influence majeure de tous les facteurs des changements de la biodiversité. Selon les auteurs de l'étude, les changements climatiques dans les régions polaires et les changements d'affectation des terres dans les régions tropicales seront les facteurs dominants qui détermineront l'appauvrissement de la biodiversité. Les écosystèmes tempérés devraient connaître les changements de biodiversité les moins marqués car ils ont déjà subi les effets d'importants changements d'affectation des terres. [GTII TRE Sections 3.3.3.3, 5.2.3.1, 6.4, et 19.3]

Il sera peut-être nécessaire d'étendre des grandes réserves ou de les associer à d'autres réserves, mais, dans certains cas, ces extensions seront impossibles en raison d'un manque de place. Étant donné que de nombreuses espèces se déplaceront probablement vers le pôle ou en altitude suite à l'élévation des températures, les emplacements des réserves devront peut-être tenir compte de ces mouvements. La préservation de zones plus étendues ou de réseaux de réserves spécialement conçus reliés par des couloirs de dispersion (voir Section 8) pourra s'avérer nécessaire. Même avec ces mesures, certaines espèces risquent de ne pas pouvoir être protégées car elles ont déjà atteint leur limite en latitude ou en altitude ou sont confinées sur de petites îles. [GTII TRE Section 13.2.2.4 et GTII TRE Encadré 5-7]

6.5. *Incidences des changements de la diversité biologique sur le climat régional et mondial*

Les changements de la biodiversité des gènes ou des espèces peuvent modifier la structure et le fonctionnement des écosystèmes et leurs interactions avec l'eau, le carbone, l'azote et d'autres cycles biogéochimiques importants, et donc influencer le climat. Des changements de la diversité à l'échelle des écosystèmes et des paysages sous l'effet des changements climatiques et d'autres pressions pourraient avoir des répercussions sur le climat régional et mondial. Des changements des flux de gaz à l'état de traces auront très probablement des effets à l'échelle mondiale en raison du mélange rapide des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, alors que les rétroactions des changements au niveau de l'eau et des échanges d'énergie se produiront localement et régionalement.

Des modifications de la composition des communautés et de la répartition des écosystèmes imputables aux changements climatiques et aux perturbations anthropiques pourront créer des rétroactions sur le climat régional et mondial. Dans les régions à latitude élevée, les changements de la composition des communautés et de la couverture terrestre liés au réchauffement modifieront probablement les rétroactions sur le climat. La toundra a un albédo hivernal trois à six fois plus élevé que celui des forêts boréales, mais l'albédo estival et le partitionnement énergé-

tique diffèrent bien plus au sein des écosystèmes dans les toundras ou les forêts boréales qu'entre ces deux biomes. Si le réchauffement à la surface régional se poursuit, des réductions de l'albédo augmenteront probablement l'absorption d'énergie pendant l'hiver, et créeront une rétroaction positive sur le réchauffement régional en raison d'une fonte des neiges plus précoce et, à long terme, le mouvement vers le pôle de la zone limite des forêts. Un assèchement en surface et un changement de la domination au détriment des mousses et au profit des plantes vasculaires devraient renforcer les flux thermiques sensibles et le réchauffement local de la toundra pendant la saison de croissance active. Cependant, les feux dans les forêts boréales pourraient faciliter le refroidissement car, après les feux, les écosystèmes de forêts de feuillus et de plantes herbacées ont un albédo plus élevé et un flux thermique sensible plus bas que ceux de la nouvelle végétation en l'absence de feux. Les zones humides septentrionales produisent de 5 à 10% des émissions atmosphériques de CH₄ dans le monde. Le changement des températures, de l'hydrologie et de la composition des communautés et la fonte du pergélisol s'accompagnera d'un risque d'émissions de grandes quantités de gaz à effet de serre par les zones humides septentrionales, ce qui créera une autre rétroaction positive au réchauffement climatique. [GTII TRE Sections 5.9.1–2]

Les activités humaines à l'origine des défrichements à long terme et de la diminution de la végétation arborescente ont contribué et continuent de contribuer aux gaz à effet de serre dans l'atmosphère. Dans de nombreux cas, l'appauvrissement de la diversité des espèces associé au déboisement conduit à une transition à long terme, avec transformation d'un écosystème forestier en prairies avec gestion des feux et des pâturages relativement peu diversifiés et dont la teneur en carbone est largement inférieure à celle des forêts d'origine. Le déboisement et le défrichement sont à l'origine d'un cinquième environ des émissions de gaz à effet de serre ($1,7 \pm 0,8$ Gt C an⁻¹) au cours des années 1990, la majorité étant imputable au déboisement dans les régions tropicales. Depuis 1850, au total 136 ± 55 Gt C ont été émis dans l'atmosphère en raison du défrichement. [DDS Q2.4 and RSUTCATF Section 1.2]

Les changements des caractéristiques de la surface terrestre, tels que ceux dus à la modification de la couverture terrestre, peuvent modifier l'énergie, l'eau et les flux gazeux, influencer sur la composition atmosphérique, et entraîner des changements climatiques locaux, régionaux et mondiaux. Étant donné que l'évapotranspiration et l'albédo influent sur le cycle hydrologique local, une réduction de la couverture végétale peut réduire les précipitations à l'échelle locale et régionale et modifier la fréquence et la durée des sécheresses. Ainsi, dans le bassin de l'Amazonie, au moins 50% des précipitations sont dues à l'évapotranspiration locale. Le déboisement réduit l'évapotranspiration, ce qui peut diminuer les précipitations de 20% environ, créer une période sèche saisonnière et augmenter de 2°C les températures à la surface locales. Ces effets peuvent, à leur tour, entraîner une diminution de l'étendue des forêts pluviales tropicales et leur remplacement permanent par des forêts tropicales sèches ou des zones de feuillus résistantes à la sécheresse et moins riches en flore. [GTI TRE Section 3.4.2, GTII TRE Sections 1.3.1, 5.7, et 14.2.1, IRCC Section 6.3.1, et GTII DRE Section 1.4.1]

6.6. Incidences prévues sur les peuples traditionnels et autochtones

Les peuples traditionnels et autochtones⁸ sont directement dépendants des diverses ressources fournies par les écosystèmes et de la biodiversité pour nombre de biens et de services (denrées alimentaires et produits médicinaux fournis par les forêts, les

zones humides côtières et les terres de grands pâturages, etc.). Selon les prévisions, ces écosystèmes subiront des effets néfastes des changements climatiques et sont déjà soumis à des contraintes dues à de nombreuses activités humaines.

Il existe un risque d'effets adverses sur la subsistance des peuples autochtones si les changements climatiques et les changements d'affectation des terres appauvrissent la diversité biologique, notamment en diminuant les habitats. On prévoit des effets adverses pour les espèces telles que le caribou, les oiseaux de mer, les phoques, les ours polaires, les oiseaux de la toundra, et autres ongulés qui se nourrissent dans la toundra et qui représentent une importante source alimentaire pour de nombreux peuples traditionnels et autochtones, en particulier ceux de l'Arctique. Les écosystèmes des récifs fournissent de nombreux biens et services, et des changements dans ces écosystèmes dus à l'évolution du climat auront des répercussions sur les populations humaines qui en dépendent. Dans certains écosystèmes terrestres, les options d'adaptation (telles qu'une irrigation à petite échelle ou une meilleure irrigation des jardins, une agriculture pluviale plus performante, de nouveaux régimes de culture, des cultures intercalaires et/ou de cultures moins coûteuses en eau, un travail de conservation du sol et la réjuvenilisation des arbres pour la fourniture de bois de chauffage) pourraient réduire certaines de ces incidences et atténuer la dégradation des sols. [GTII TRE Sections 5.5.4.3, 5.6.4.1, 6.3.7, et 17.2.4, et GTII DRE Section 7.5]

Les changements climatiques auront des effets sur les pratiques traditionnelles des peuples autochtones dans l'Arctique, en particulier sur la pêche, la chasse et l'élevage de rennes. Les pêcheries marines aux latitudes élevées sont très productives. Des changements d'ordre climatique et concernant la glace marine, les courants océaniques, la disponibilité des éléments nutritifs, la salinité, et la température des eaux océaniques auront des effets sur les voies migratoires, la structure des populations, et, à terme, la prise de diverses espèces de poissons. De plus, le réchauffement climatique modifiera probablement les méthodes d'élevage. Parmi les sujets de préoccupation, on peut citer la présence de neige profonde avec une surface gelée qui empêche les animaux d'atteindre les fourrages, les lichens et les graminées; la destruction de végétation suite au broutage intensif; l'exposition des sols qui favorise l'établissement d'espèces invasives méridionales lorsque le climat est plus chaud, et l'augmentation de la probabilité de dommages résultant d'une augmentation de la fréquence des feux de toundra. [GTII TRE Sections 16.2.8.2.5–6]

Les conséquences des changements climatiques, des modifications des cycles de vie ou des aires de répartition des animaux sauvages pourraient avoir des effets sur les modes de vie culturels et religieux de certains peuples autochtones. Nombreux sont les peuples autochtones pour lesquels les animaux sauvages font partie intégrante de leurs cérémonies culturelles et religieuses. Les oiseaux, par exemple, sont une composante importante des communautés d'Indiens Pueblo aux États-Unis: ce sont des messagers des dieux qui représentent un lien avec le monde spirituel. Toujours aux États-Unis, les Indiens Zuni utilisent des bâtons de prière ornés de plumes de soixante-douze espèces d'oiseaux comme offrandes au monde spirituel. De nombreux groupes ethniques en Afrique sub-saharienne utilisent des peaux d'animaux et des plumes d'oiseaux pour confectionner des vêtements pour leurs cérémonies culturelles et religieuses, tels des jupes et des coiffures pour les chefs et les prêtres/prêtresses. Dans les cérémonies Boran (Kenya), par exemple, le choix des chefs tribaux fait appel à des rituels nécessitant des plumes d'aigle. Les animaux sauvages ont un rôle semblable dans les différentes cultures à travers le monde. [GTII TRE Section 5.4.3.3]

L'élévation du niveau de la mer et les changements climatiques, associés à d'autres changements environnementaux, auront des effets sur une partie, mais non sur la totalité des sites culturels et spirituels très importants et uniques dans les régions côtières, et donc sur leurs populations humaines. Dans de nombreuses zones côtières en Amérique du Sud, les communautés ont des valeurs traditionnelles bien établies dont certains aspects esthétiques et spirituels sont associés aux caractéristiques des habitats, habitats qui seront dégradés ou détruits par l'élévation du niveau de la mer et les inondations. Les cultures uniques qui se sont développées pendant des milliers d'années en Polynésie, en Mélanésie et en Micronésie dépendent des îles riches en ressources, très volcaniques et calcaires, de la région, telles que Vanuatu, Fidji, et Samoa, lesquelles, très probablement, ne seront pas vraiment menacées par les changements climatiques. Par contre, des îles et atolls de faible élévation, sur lesquelles au cours des siècles des identités elles aussi uniques se sont développées — telles que les cultures de Tuvalu, de Kiribati, des îles Marshall, et des Maldives — seront plus vulnérables aux variations du niveau de la mer et aux ondes de tempêtes et leur diversité culturelle risquera donc d'être gravement menacée. Les peuples autochtones de l'Arctique sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques. L'érosion et la régression côtières résultant de la fonte du pergélisol riche en glace menacent déjà des communautés et des sites patrimoniaux. [GTII TRE Sections 16.2.8.1 et 17.2.10]

6.7. Incidences régionales

La diversité biologique représente une question importante pour de nombreuses régions. D'un point de vue mondial, des régions différentes ont des niveaux variables de biodiversité et d'espèces endémiques. Les incidences majeures sur la biodiversité de chaque région sont résumées dans les Encadrés 5 à 12. Étant donné que la biodiversité est sous-jacente à de nombreux biens et services indispensables aux êtres humains, les conséquences des incidences sur la subsistance des êtres humains sont aussi étudiées, y compris les incidences sur les peuples traditionnels et autochtones.

Une des limites du point de vue de la documentation concerne le fait qu'il n'existe que peu d'études spécifiques à une région ou à un pays; cependant, les incidences présentées aux Sections 6.2 et 6.3 sont applicables à un grand nombre de régions, en raison principalement des similarités entre les écosystèmes (les incidences sur les récifs coralliens et les prairies naturelles, par exemple, sont très semblables dans de nombreux points du globe).

De récentes estimations mettent en évidence un risque sérieux d'extinction mondiale pour 25% (~1 125 espèces) des mammifères mondiaux et 12% (~1 150 espèces) d'oiseaux. La vitesse d'identification des espèces menacées illustre bien l'ampleur de ce problème. Ainsi, le nombre d'espèces d'oiseaux jugées menacées a augmenté de près de quatre cents depuis 1994, et les grandeurs et tendances des populations actuelles indiquent qu'entre six cents et neuf cents espèces supplémentaires pourraient être ajoutées à ces listes. Le nombre d'animaux menacés d'extinction varie selon les régions (voir Tableau 2). Les schémas mondiaux de la diversité totale sont reflétés par le nombre d'espèces menacées dans chaque région, en ceci que les régions ayant davantage d'espèces au total sont probablement celles qui ont le plus d'espèces menacées.

Les options d'adaptation peuvent réduire certaines incidences des changements climatiques et sont examinées à la Section 8.1.

7. Incidences possibles des mesures d'atténuation des changements climatiques sur la diversité biologique

On entend par atténuation une intervention anthropique visant à réduire les sources ou augmenter les puits de gaz à effet de serre. Les mesures qui réduisent les émissions nettes de gaz à effet de serre diminuent l'ampleur et le rythme prévus des changements climatiques et réduisent donc les contraintes sur les systèmes naturels et humains imputables aux changements climatiques. Les mesures d'atténuation devraient donc retarder et réduire les dommages dus à l'évolution et apporter des bénéfices environnementaux et socio-économiques (y compris pour la biodiversité). Certaines mesures ont des incidences positives ou négatives sur la biodiversité, indépendamment de leurs effets sur le système climatique. [DDS RID, DDS Q6 et Q7, et GTIII TRE Glossaire]

La présente section examine les incidences sur la biodiversité des mesures d'atténuation des changements climatiques. Des questions plus générales sur les répercussions environnementales et sociales sont abordées à la Section 9. Les mesures d'atténuation incluent, entre autres, le piégeage du carbone et la prévention des émissions par des mesures sur la gestion des terres, y compris celles mentionnées aux Articles 3.3 et 3.4 du Protocole de Kyoto; l'augmentation de l'efficacité énergétique ou de l'efficacité de la production; l'extension de l'utilisation des systèmes énergétiques à faible teneur en carbone ou sans carbone, notamment de l'énergie de la biomasse, l'énergie solaire, éolienne, et hydro-électrique; et l'absorption biologique dans les océans. Le Rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie, qui examine principalement des questions liées à l'utilisation des terres et le

Tableau 2 : État mondial de quelques espèces de vertébrés. Pour chaque région, la liste indique le nombre d'espèces jugées menacées d'extinction/en danger/vulnérables. [GTII TRE Tableau 5–5]

Zone géographique ^a	Totaux	Amphibiens	Reptiles	Oiseaux	Mammifères
Afrique	102 / 109 / 350	0 / 4 / 13	2 / 12 / 34	37 / 30 / 140	63 / 63 / 163
Asie et Pacifique	148 / 300 / 739	6 / 18 / 23	13 / 24 / 67	60 / 95 / 366	69 / 163 / 283
Europe et Asie centrale	23 / 43 / 117	2 / 2 / 8	8 / 11 / 10	6 / 7 / 40	7 / 23 / 59
Asie occidentale	7 / 11 / 35	0 / 0 / 0	2 / 4 / 2	2 / 0 / 20	3 / 7 / 13
Amérique latine	120 / 205 / 394	7 / 3 / 17	21 / 220 / 35	59 / 102 / 192	33 / 80 / 150
Amérique du Nord	38 / 85 / 117	2 / 8 / 17	3 / 12 / 20	19 / 26 / 39	14 / 39 / 41

^a Pour une liste complète des pays de ces régions, voir GTII TRE Section 5.4.1.1 ou le document d'origine ayant servi à formuler ce tableau: PNUE, 2000: Global Environment Outlook 2000. Programme des Nations Unies pour l'Environnement, Nairobi, Kenya.

Encadré 5. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Afrique [GTII TRE Sections 10.1.2 et 10.2.3.2–3, et IRCC Section 2.3]

Caractéristiques régionales : L'Afrique occupe un cinquième environ de la surface terrestre mondiale et contient une grande diversité de climat, formes de relief, biotes, culture et conditions économiques. C'est une région principalement tropicale, chaude et sèche, avec de petites zones à climat tempéré (frais) dans l'extrême sud et l'extrême nord et aux altitudes élevées. La plupart des populations humaines vivent dans les zones sub-humides et semi-arides. Les vastes régions désertiques du Kalahari-Namib et du Sahara correspondent aux tropiques du Capricorne et du Cancer. Les économies formelles et informelles de la plupart des pays africains sont principalement axées sur les ressources naturelles : agriculture, élevage, exploitation forestière, écotourisme et exploitations minières. Un grand nombre de systèmes, en particulier les forêts tropicales et les grands pâturages libres, sont menacés par les pressions démographiques et les systèmes d'utilisation des terres qui sont à l'origine d'un appauvrissement la biodiversité et de la dégradation des écosystèmes terrestres et aquatiques.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : L'Afrique contient environ un cinquième de toutes les espèces connues de plantes, mammifères et oiseaux du monde, et un sixième des amphibiens et des reptiles. Cette diversité biologique est concentrée dans plusieurs centres d'endémisme. Le Royaume floral du Cap (correspondant approximativement à une formation végétale connue localement sous le nom de fynbos), qui occupe seulement 37 000 km² à la pointe sud de l'Afrique, contient 7 300 espèces végétales, dont 68 % n'existent nulle part ailleurs. Le biome du Succulent Karoo, situé sur la côte ouest de l'Afrique australe, contient 4 000 espèces, dont 2 500 endémiques. Parmi les autres grands centres d'endémisme végétal, on peut citer Madagascar, les montagnes du Cameroun, et les habitats insulaires d'Afromontane qui s'étendent de l'Éthiopie à l'Afrique du Sud à des altitudes de plus de ~2 000 m. La riche diversité des mammifères africains (en particulier des ongulés) est située dans les savanes et les forêts tropicales. La biodiversité mondiale des antilopes et des gazelles (plus de 90 % du total mondial de quatre-vingt espèces) est concentrée en Afrique. ~4% en moyenne (variable selon les pays entre 0 et 17 %) de la surface terrestre continentale est située dans des régions déclarées officiellement zones de conservation. Une très grande partie de la diversité biologique en Afrique (particulièrement en Afrique centrale et du nord) existe principalement à l'extérieur de zones formellement conservées, en raison du taux de transformation relativement bas par l'agriculture intensive sur le continent africain.

Environ un cinquième des espèces d'oiseaux d'Afrique australe migrent de manière saisonnière en Afrique, et un autre dixième migre annuellement entre l'Afrique et le reste du monde. On peut supposer une proportion similaire pour l'ensemble de l'Afrique. L'un des principaux schémas migratoires en Afrique est celui du gibier d'eau qui passe l'été austral en Afrique australe et l'hiver en Afrique centrale. Les migrateurs palaéarctiques passent l'été austral dans des régions telles que le lagon de Langebaan, près du Cap, et l'été boréal dans les zones humides de Sibérie.

Liens socio-économiques : Les régions semi-arides du Sahel, du Kalahari, et du Karoo sont depuis longtemps habitées par des sociétés nomades, qui réagissent à la saisonnalité des pluies intra-annuelles et à la grande variabilité inter-annuelle par la migration. Les systèmes pastoraux nomades sont intrinsèquement assez robustes face aux climats fluctuants et extrêmes (pour lesquels ils ont été conçus), à condition qu'il existe suffisamment de possibilités de mouvements et une certaine stabilité sociale. La sécheresse prolongée au Sahel depuis les années 1970 a révélé la vulnérabilité de ces groupes aux changements climatiques lorsqu'ils ne peuvent pas se déplacer car la partie plus humide de leurs zones de migration abrite déjà une forte concentration de personnes, et les points d'eau permanents cessent de fonctionner dans la partie la plus sèche. Ceci a eu pour effet des pertes de vies humaines et animales généralisées et des changements importants de la structure sociale.

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Afrique

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Des milliers de plantes risquent d'être affectées par les changements climatiques, en particulier les fynbos et karoos, riches en flore, qui existent dans les régions de pluies hivernales à la pointe australe du continent africain et sont menacées en particulier par un changement de la saisonnalité des pluies (une réduction des quantités de pluies hivernales ou une augmentation des pluies estivales, ce qui modifierait le régime des feux, critique pour la régénération dans le fynbos). Les centres alpestres de la biodiversité (comme ceux d'Afrique orientale) sont particulièrement menacés par des élévations de température, étant donné que beaucoup représentent des populations isolées sans possibilités de migration verticale ou horizontale. Une augmentation de la superficie du Sahara pourrait avoir des incidences néfastes sur la survie des oiseaux migrateurs palaéarctiques en les obligeant à adopter des voies de migration plus longues.
- Des changements climatiques prévus pour le XXI^e siècle pourraient modifier la répartition des espèces d'antilopes.
- Les grands fleuves sont extrêmement sensibles aux variations climatiques ; les ruissellements moyens et les ressources en eau devraient diminuer en Méditerranée et dans les pays du sud de l'Afrique, ce qui aurait des effets sur leur biodiversité. On prévoit une diminution possible des pêcheries en eau douce pélagiques planctophages.

Encadré 5. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Afrique (suite)

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Afrique (suite)

- Il existe plusieurs zones humides importantes au plan mondial en Afrique (delta de l'Okavango, par exemple). Des diminutions des ruissellements pourraient entraîner une réduction de ces ressources dans ces zones.
- Il pourrait y avoir extension des aires de répartition des vecteurs de maladies infectieuses, ce qui affecterait certaines espèces animales. La phénologie des insectes parasites et des maladies devrait changer, et pourrait contribuer à l'augmentation des pertes agricoles et forestières, et avoir des conséquences inconnues dans de nombreux écosystèmes.
- L'augmentation des sécheresses, inondations et autres phénomènes extrêmes aggraverait les contraintes sur de nombreux écosystèmes.
- La désertification serait aggravée par une diminution des précipitations annuelles moyennes ou une augmentation des besoins d'évaporation moyens. Séparément ou conjointement, ces effets conduiraient à une diminution des ruissellements et de l'humidité des sols, en particulier dans le sud, le nord et l'ouest de l'Afrique.
- Les plantes et les animaux ayant une capacité de mobilité limitée et vivant dans des réserves dans des paysages plats et étendus et/ou dans des zones dans lesquelles les régimes de précipitations changent la saisonnalité (Cap austral, par exemple), et/ou l'équilibre arbres/graminées est sensible aux conditions relatives au CO₂ ou aux facteurs climatiques, et/ou les feux/d'autres régimes de perturbations pourraient changer, risquent de perdre une grande partie de leur biodiversité.
- Les écosystèmes qui sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques incluent les fynbos, certains grands pâturages libres (dont le karoo), les forêts pluviales/alpestres, et les zones humides (en particulier les zones riveraines) dans les régions arides/semi-arides.
- Des disparitions locales et mondiales importantes d'espèces animales et végétales, dont un grand nombre sont une ressource importante pour les peuples africains, sont prévues et auront des effets sur la subsistance des populations rurales, le tourisme et les ressources génétiques.

Encadré 6. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Asie

[GTII TRE Sections 11.1.4 et 11.2.1, et IRCC Sections 7.3, 10.2, et 11.2-3]

Caractéristiques régionales : Du point de vue des caractéristiques climatiques et géographiques générales, l'Asie peut être divisée en quatre sous-régions : Asie boréale, Asie aride et semi-aride, Asie tempérée et Asie tropicale. À travers les âges, les activités humaines ont profondément changé les paysages de certaines parties de cette région du monde. À l'exception des forêts boréales, un grand nombre de forêts ont été défrichées ou dégradées. Les grandes plaines ont été cultivées et irriguées, dans certains cas depuis des milliers d'années, et les grands pâturages libres/les prairies ont été utilisées pour l'élevage. Les écosystèmes aquatiques d'eau douce d'Asie contiennent une grande diversité de faune et de flore.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : Les forêts tempérées d'Asie sont une ressource importante au point de vue mondial en raison de leur degré élevé d'endémisme et de diversité biologique. La région tropicale asiatique est écologiquement riche en biodiversité, y compris celle des variétés de cultures actuelles et des espèces antérieures et des forêts tropicales. Certaines zones de cette région ont été identifiées comme étant de centres de diversité pour un grand nombre de cultures et autres plantes importantes au plan économique, originaires de cette région du monde. Les forêts d'Asie abritent plus de 50 % des espèces végétales et animales terrestres mondiales ; les forêts pluviales d'Asie du sud-est contiennent environ 10 % de la diversité florale mondiale. Les forêts et régions boisées humides tropicales sont des ressources importantes qui fournissent la plus grande partie du bois de chauffage dans certains pays. Un dixième des espèces animales et végétales de haute altitude connues dans le monde se trouvent dans l'Himalaya. Certaines régions de haute et moyenne altitude sont également les centres d'origine de nombreuses cultures et d'arbres fruitiers ; en tant que telles, ce sont d'importantes sources génétiques pour leurs équivalents sauvages.

Liens socio-économiques : Les grands écosystèmes d'eau douce ont subi des contraintes imputables à l'utilisation des terres et aux changements d'affectation des terres, aux activités de loisirs, et à la pollution ; et les débits des grands fleuves ont été affectés par des projets de développement hydroélectrique et industriel en aval, y compris dans les estuaires. Les modifications des habitats aquatiques ont eu des répercussions sur les pêcheries dans les vallées inférieures et les deltas ; l'absence de sédiments riches en éléments nutritifs a des effets préjudiciables sur la production de poissons. Des débits moins importants dans les bassins des vallées inférieures ont été à l'origine d'une eutrophisation et d'une dégradation qualitative de l'eau.

La plupart des régions semi-arides d'Asie (principalement en Asie centrale) sont classées grands pâturages libres/prairies. Les populations humaines et leurs troupeaux sont très dépendants des grands pâturages libres de la région ; près des deux tiers des troupeaux domestiques paissent sur ces terres. Environ 10 % de ces terres sont classées comme ayant des contraintes au niveau des sols, ce qui peut indiquer une dégradation des sols significative ou une désertification ; environ 70 % des pâturages de Mongolie sont menacés par la dégradation. Dans certaines zones à haute altitude, la biodiversité est appauvrie ou menacée en raison de la dégradation des terres et de la surexploitation des ressources (en 1995, par exemple, environ 10 % des espèces connues dans l'Himalaya figuraient sur la liste des espèces « menacées »).

L'urbanisation, l'industrialisation et le développement économique actuels rapides ont entraîné une augmentation de la pollution, de la dégradation des terres et de l'eau et un appauvrissement de la diversité biologique.

Encadré 6. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Asie (suite)

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Asie

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Les espèces vivant dans les écosystèmes à haute altitude se déplaceront en altitude. Dans les régions les plus élevées, le rythme des changements de la végétation devrait être lent, et le succès de la colonisation devrait être ralenti par une érosion accrue et des débits terrestres, comme cela est le cas dans les terrains fortement disséqués et raides des montagnes de l'Himalaya ; les espèces prolifiques/invasives ayant une large tolérance écologique seront avantagées par rapport aux autres. En Asie tempérée, les espèces se déplaceront probablement vers le pôle, et, au cours des cinquante prochaines années, on pourrait observer de grands mouvements (jusqu'à 400 km) des espèces des forêts boréales.
- Les forêts de conifères dans le nord est de la Chine pourraient diminuer et les forêts décidues dans l'est de la Chine pourraient se déplacer vers le nord de plusieurs centaines de kilomètres. Il y aura probablement augmentation de la fréquence et de l'intensité des feux de forêts et des infestations parasitaires dans les forêts boréales. Les écosystèmes forestiers d'Asie boréale devraient être affectés par les inondations et l'augmentation du volume des ruissellements, ainsi que par la fonte du pergélisol.
- En Chine, l'élévation du niveau de la mer pourrait avoir des effets néfastes sur les écosystèmes deltaïques côtiers. Cette élévation pourrait provoquer l'inondation à grande échelle des zones humides d'eau douce le long de côtes et la régression/disparition des habitats côtiers plats.
- En raison des prévisions d'élévation des températures et de diminution des précipitations, la qualité de l'eau pourrait se dégrader et l'eutrophisation pourrait s'aggraver (comme dans certains lacs japonais).
- Les mangroves (comme celles de la région de Sundarbans) et les récifs coralliens sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques. La région de Sundarbans, qui abrite une diversité d'animaux sauvages, est très vulnérable en raison de l'élévation du niveau de la mer. Ces forêts de mangroves côtières abritent des espèces telles que le tigre du Bengale, la loutre indienne, le cerf tacheté de l'Inde, le sanglier, le crocodile marin, le crabe appelant, le crabe de boue, trois espèces de lézards marins, et cinq espèces de tortues de mer. Une élévation du niveau de la mer de 1 m entraînerait la disparition de Sundarbans, et donc celle du tigre du Bengale et autres animaux sauvages, et pourrait avoir des effets néfastes sur les populations humaines locales.
- Étant donné la baisse de production prévue (entre 40 et 90 %), les changements climatiques exerceront probablement une contrainte supplémentaire sur ces grands pâturages libres et auront des répercussions sur la subsistance d'un grand nombre de personnes. Les changements climatiques et les activités humaines modifieront les niveaux de la Mer caspienne et de la Mer d'Aral, ce qui aura des effets sur la biodiversité et les populations humaines.

Encadré 7. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Australie et Nouvelle-Zélande [GTII TRE Section 12.1 et IRCC Section 4.3]

Caractéristiques régionales : Cette région, qui comprend l'Australie, la Nouvelle-Zélande, et leurs îles avoisinantes tropicales et à latitude moyenne, a une superficie terrestre totale de 8 millions de km². Grand continent, relativement plat, qui s'étend des tropiques aux latitudes moyennes, l'Australie a des sols relativement pauvres en éléments nutritifs, un intérieur extrêmement aride, et des précipitations fortement variables ; alors que la Nouvelle-Zélande est beaucoup plus petite, montagneuse et assez humide. Dans cette région du monde, les écosystèmes ont été soumis à d'importantes influences humaines, avant et après l'immigration européenne qui a débuté il y a deux cents ans. Les deux pays ont un grand nombre de peuples autochtones, au statut socio-économique généralement inférieur.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : Le passé évolutif isolé de l'Australie et de la Nouvelle-Zélande explique le très haut niveau d'endémisme dans ces pays (77 % des espèces de mammifères, 41 % d'oiseaux, et 93 % d'espèces végétales sont endémiques, y compris de nombreuses espèces d'eucalyptus). La Nouvelle-Zélande est l'un des 25 « points chauds » en matière de biodiversité mondiale. Des régions comme l'Australie occidentale et le nord du Queensland ont un niveau d'endémisme élevé. L'Australie a le plus grand système de récifs du monde (Grande barrière de corail). L'Australie est l'un des douze pays reconnus comme ayant une « méga-diversité » et comme étant le centre d'origine de l'espèce *Eucalyptus*, extrêmement utile. Il est probable que la perturbation de la composition des forêts se produira là où la fragmentation forestière diminue les possibilités de dispersion de nouvelles espèces, mieux adaptées. Les systèmes alpins ne couvrent que des petites zones mais sont importants pour de nombreuses espèces végétales et animales, dont un grand nombre figurent sur les listes d'espèces menacées.

Encadré 7. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Australie et Nouvelle-Zélande (suite)

Liens socio-économiques : De nombreuses régions dans cette partie du monde ont subi d'importantes influences humaines, en particulier après l'immigration européenne, en raison des défrichements étendus, de l'utilisation des feux comme outils de gestion, et de l'introduction de plantes et d'animaux étrangers. Après des millions d'années d'isolement, ces écosystèmes sont extrêmement vulnérables aux espèces introduites (moutons, bétail, lapins, etc.), aux parasites, aux maladies, et aux mauvaises herbes. Les activités humaines ont été à l'origine d'un appauvrissement de la biodiversité dans de nombreux écosystèmes (et de l'augmentation des espèces prolifiques dans certains écosystèmes), de la fragmentation des écosystèmes et d'une salinisation secondaire.

En Australie, les grands pâturages libres couvrent environ les deux tiers du pays et sont importants pour la production de viande et de laine; mais ils subissent des contraintes imputables aux activités humaines, principalement liées à la production animale, à la présence d'espèces introduites telles que les lapins, et à une gestion mal adaptée. Ceci a entraîné une dégradation des terres, une salinisation et la prolifération de plantes invasives ligneuses.

50% de la couverture forestière qui existait à l'époque de l'établissement des Européens en Australie existe encore, alors que l'autre moitié a été défrichée. À l'échelle nationale, le défrichement est supérieur aux plantations, bien qu'il existe des différences considérables entre les régions; ce défrichement a lieu principalement dans les régions boisées. Les pressions sur les forêts et régions boisées dans leur ensemble diminueront probablement suite à de nouvelles lois sur la protection des forêts dans certains États australiens, et à la volonté d'augmenter l'absorption du carbone. En Nouvelle-Zélande, 25% de la couverture forestière originelle existe encore, dont 77% sont confiés à des organismes de conservation, 21% sont propriété privée, et 2% propriété de l'état. Grâce à des réglementations sur la production de bois indigène, environ 4% seulement sont actuellement gérés à des fins de production, et les coupes à blanc sans remplacement ont pratiquement cessé.

Les zones humides continuent d'être vulnérables en dépit de leur classification en tant que sites Ramsar et Patrimoine mondial. Un grand nombre d'entre elles sont déjà détruites en raison des: stockages d'eau, projets de production hydroélectrique et d'irrigation; barrages, retenues et travaux de gestion des fleuves; enlèvement des déchets de bois et canalisation, modification des débits, niveaux d'eau et régimes thermiques; pollution toxique et destruction des aires de pontes ou de reproduction; utilisation des zones humides pour l'agriculture.

La Grande barrière de corail est surexploitée et affectée par le blanchissement corallien souvent lié à des phénomènes El Niño, et par l'augmentation de la pollution et de la turbidité des eaux côtières du fait d'un apport de sédiments, fertilisants, pesticides et herbicides — mais cette surexploitation reste inférieure à celle de bien d'autres récifs coralliens dans le monde. Des progrès ont été réalisés en vue d'une exploitation écologiquement durable des barrières de corail.

Dans ces deux pays, les peuples autochtones (Aborigènes et habitants des îles du Déroit de Torres en Australie, Maoris en Nouvelle Zélande) sont dépendants de nombreux écosystèmes terrestres, côtiers et marins, qui constituent leurs sources traditionnelles de denrées alimentaires et de matériaux et qui ont une signification culturelle et spirituelle; les changements climatiques auront donc probablement des effets néfastes sur ces peuples. Les peuples autochtones d'Australie sont particulièrement vulnérables aux changements climatiques, car, en général, ils vivent dans des zones rurales isolées, exposées aux catastrophes climatiques et au stress thermique, et dans des zones qui connaîtront probablement une augmentation de la prévalence des maladies à transmission hydrique ou vectorielle.

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et les écosystèmes vulnérables en Australie et en Nouvelle-Zélande

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Prévission d'une tendance à la sécheresse sur une grande partie de la région, et d'une évolution vers un état moyen de type El Niño — ce qui aurait des répercussions sur de nombreux écosystèmes, en particulier les écosystèmes semi-arides.
- Des augmentations de l'intensité des fortes précipitations et des changements spécifiques aux régions en ce qui concerne la fréquence des cyclones tropicaux influenceront sur les écosystèmes en raison des inondations, des ondes de tempêtes et des dégâts dus au vent.
- Même si de nombreuses espèces se montreront capable de s'adapter, les changements climatiques devraient entraîner une réduction de la diversité biologique totale d'écosystèmes individuels.
- Des changements de la composition des forêts et des zones boisées résultant de l'évolution climatique se produiront plus probablement là où la fragmentation des forêts et des terrains boisés diminue les possibilités de migration pour les espèces nouvelles, mieux adaptées.
- Les récifs coralliens, les habitats arides et semi-arides dans le sud-est et l'intérieur de l'Australie, les zones humides d'eau douce dans la partie côtière, et les systèmes alpins australiens, sont des écosystèmes particulièrement vulnérables aux changements climatiques.
- Certains écosystèmes néo-zélandais deviendraient vulnérables aux espèces invasives.

Encadré 8. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Europe [GTII TRE Section 13.2.2, IRCC Sections 5.1.2 et 5.3.1.6, et GTII DRE Section 3.2.3]

Caractéristiques régionales : Bien qu'à l'origine, une grande partie de l'Europe était couverte de forêts, les types de végétation naturelle ont été transformés par les activités humaines, notamment par l'utilisation des terres et les changements d'affectation des terres, y compris celles pour l'agriculture intensive et l'urbanisation. Ce n'est que dans les montagnes les plus au nord et dans certaines parties de la Russie européenne septentrionale, orientale et centrale, que la couverture forestière a été relativement peu touchée par les activités humaines. Cependant, une grande partie du continent européen est recouverte de forêts/terres boisées plantées ou régénérées sur des terres précédemment défrichées. Les zones côtières arctiques de l'Europe septentrionale et les pentes supérieures de leurs plus hautes montagnes possèdent une végétation constituée essentiellement de lichens, mousses, graminées et buissons. Les régions intérieures de l'Europe septentrionale, au climat plus doux, mais toujours froid, ont une végétation de conifères. La plus grande zone de végétation en Europe — le long de la partie médiane du continent, de l'Atlantique à l'Oural — est une ceinture de forêts d'arbres à feuilles caduques et de conifères. La plus grande partie de la Grande Plaine européenne est couverte de zones de hautes graminées; plus à l'est, l'Ukraine est une région plate et relativement sèche avec de courtes graminées. La région méditerranéenne est recouverte d'une végétation qui s'est adaptée à des conditions généralement chaudes et sèches; la végétation naturelle tend à être plus éparse dans les parties sud et est du bassin méditerranéen.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : Par le passé, l'Europe avait la plus grande variété de mammifères sauvages, y compris le cerf, l'élan, le bison, le sanglier, le loup et l'ours. De nombreuses espèces animales ont disparu, au moins à l'échelle locale ou leurs nombres se sont considérablement réduits. Mais certaines espèces de vertébrés, qui avaient disparu localement, ont été réintroduites au XX^e siècle, et d'autres ont pu être régénérées grâce à la protection et restauration d'habitats tels que les zones humides. Les animaux de montagne indigènes ont survécu à la pénétration de leurs habitats par les populations humaines; des chamois et des bouquetins vivent dans les sommets des Pyrénées et des Alpes. L'Europe continue d'abriter un grand nombre de petits mammifères et d'espèces d'oiseaux indigènes. Un nombre important d'habitats semi-naturels à valeur de conservation élevée existent encore dans des sites protégés, et sont spécialement importants car ils représentent des refuges pour les espèces menacées. Les réserves naturelles tendent à former des « îlots » d'habitats pour les espèces dans des paysages dominés par d'autres utilisations des terres, et sont un important facteur de conservation à travers l'Europe.

Liens socio-économiques : À l'heure actuelle, l'Europe est principalement une région d'habitats naturels ou semi-naturels fragmentés au sein d'un paysage fortement urbanisé. Une grande partie de l'Europe est cultivée, et environ un tiers de sa superficie est arable, avec prédominance de la culture des céréales. En général, les écosystèmes naturels sont limités aux sols pauvres, l'agriculture exploitant les sols plus fertiles. Les forêts européennes, un important secteur économique sensible au climat, sont affectées par des taux élevés de dépôts azotés et sulfatés. Les pressions environnementales clés sont liées à la dégradation de la biodiversité, des paysages, des sols, des terres et de l'eau (dégradation due essentiellement à la pollution).

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Europe

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Changements prévus pour la composition, la structure, et la fonction des écosystèmes, avec déplacement vers le pôle et en altitude pour certaines espèces : le pergélisol diminuera; les arbres et les buissons s'étendront vers la toundra septentrionale; et les arbres feuillus empiéteront sur les forêts de conifères. Dans les forêts boréales sud, les espèces de conifères devraient diminuer en raison d'une augmentation concurrente des espèces d'arbres à feuilles caduques.
- La plupart des scénarios climatiques indiquent une possibilité de déplacement général vers le nord, sur plusieurs centaines de kilomètres, de la zone climatique adaptée aux forêts boréales, d'ici 2100.
- Dans les régions de montagne, des températures en hausse entraîneront un déplacement en altitude des zones biotiques et cryosphériques et perturberont le cycle hydrologique. En raison d'une saison de croissance plus longue et de températures plus élevées, les zones alpines européennes seront réduites suite à la migration en altitude des espèces d'arbres. Il y aura une nouvelle répartition des espèces, avec, dans certains cas, un risque d'extinction dû à l'absence de possibilités de migration en altitude, parce que les espèces ne pourront migrer assez rapidement ou qu'il n'y aura pas de zones de migration.
- Les risques d'inondations augmenteront dans la plus grande partie de l'Europe; ces risques devraient être élevés dans les régions côtières où les inondations aggraveront l'érosion et provoqueront la disparition des zones humides côtières. Selon les estimations, les disparitions des terres humides côtières d'ici 2080 sont de l'ordre de 0 à 17 % pour la côte atlantique, et pourraient atteindre 84 à 98 % pour la côte balte, et entre 81 et 100 % pour la côte méditerranéenne; les habitats qui survivront seront probablement profondément modifiés. Ceci aura de graves répercussions sur la diversité biologique en Europe, en particulier pour les oiseaux de rivage hivernants et les poissons de mer.
- La disparition d'habitats importants (zones humides, toundras, habitats isolés, etc.) sera un facteur de risque pour certaines espèces, y compris des espèces rares/endémiques et des oiseaux migrateurs. Dans les bassins hydrographiques dominés par la fonte des neiges, les débits printaniers maximum seront plus précoces et il y aura diminution des débits estivaux et des niveaux dans les cours d'eau et les lacs, ce qui aura des effets sur les écosystèmes aquatiques.

Encadré 8. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Europe (suite)

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Europe (suite)

- La richesse des espèces végétales risque de diminuer dans les régions à écosystèmes de type méditerranéen si le climat devient plus aride.
- L'élévation des températures hivernales pourrait augmenter la fourchette de répartition de certaines espèces introduites (*Nothofagus procera* en Grande-Bretagne, par exemple).
- Là où les aires de répartition des espèces sont déjà fragmentées, le risque de fragmentation s'aggravera, avec des disparitions d'espèces à l'échelle régionale, si les espèces ne peuvent persister, s'adapter ou migrer.
- Suite aux changements climatiques, de précieuses communautés vivant dans des zones protégées, risquent de se désintégrer, faisant ainsi disparaître les possibilités de refuge pour les espèces. Certaines espèces vivant dans des emplacements proches de leur seuil thermique maximum actuel pourraient disparaître si le réchauffement climatique dépasse ces seuils. Pour les communautés des réserves, le taux de disparition des espèces risque d'être plus rapide que le taux de colonisation par de nouvelles espèces, ce qui conduirait à une longue période d'appauvrissement pour de nombreuses réserves. Ainsi, la diversité biologique des réserves naturelles est menacée par les changements climatiques rapides, et la création de réseaux d'habitats et de corridors sera nécessaire pour faciliter les migrations.

Encadré 9. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Amérique Latine [GTII TRE Section 14.1.2 et IRCC Sections 6.3.1 et 6.3.3]

Caractéristiques régionales : L'Amérique Latine est une région remarquablement hétérogène pour ce qui est du climat, de la topographie, des écosystèmes, de la répartition des populations humaines, et des traditions culturelles. L'Amérique Latine a une superficie de ~19,93 millions de km² et les montagnes et plateaux ont un rôle important, déterminant non seulement les cycles climatiques et hydrologiques régionaux mais également la biodiversité. L'Amazone, de loin le plus grand fleuve du monde en termes de débit, a un rôle majeur pour le cycle et l'équilibre hydriques de l'Amérique du Sud. Les changements d'affectation des terres sont devenus un facteur très important à l'origine de modifications dans les écosystèmes. Un grand nombre d'écosystèmes sont déjà menacés, indépendamment des autres contraintes susceptibles de résulter de l'évolution climatique. ~570 millions d'unités animales vivent sur le sous-continent, et plus de 80 % d'entre elles se nourrissent dans les grands pâturages libres. L'Amérique Latine contient environ 23 % des terres arables mondiales, bien que — contrairement à d'autres régions — elle continue d'avoir un pourcentage élevé d'écosystèmes à gestion non intensive. Les cultures pré-colombiennes avaient développé un certain nombre d'activités agricoles collectives sur les hauts plateaux, où vivent encore la plupart des peuples autochtones d'Amérique Latine.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : L'Amérique Latine possède une grande diversité d'écosystèmes, comprenant les forêts pluviales tropicales d'Amazonie, les Páramos des Andes, de grands pâturages libres, des terres arborescentes, des déserts, des prairies et des zones humides. Les grands pâturages libres couvrent environ un tiers de la superficie terrestre de l'Amérique Latine. Les forêts occupent ~22 % et représentent ~27 % de la couverture forestière mondiale. L'Amérique Latine abrite certaines des plus importantes concentrations de biodiversité terrestre et marine de la planète, et sa diversité génétique est l'une des plus riches au monde. Sept des zones mondiales les plus diverses et les plus menacées sont situées en Amérique Latine et aux Caraïbes.

Les chaînes de montagnes, où naissent d'énormes fleuves (affluents des bassins de l'Amazone et de l'Orénoque, etc.), sont importantes pour la diversité biologique. Les forêts pluviales d'Amazonie contiennent le plus grand nombre d'espèces de faune et de flore d'Amérique Latine. Les zones tempérées et arides de cette région contiennent d'importantes ressources génétiques en ce qui concerne les génotypes sauvages et domestiques de nombreuses cultures.

Les zones humides côtières et intérieures sont riches en biodiversité animale et contribuent également à la diversité génétique de la région. L'un des plus grands systèmes de récifs coralliens au monde domine la partie au large de la zone ouest de la Mer des Caraïbes. Les forêts côtières, pour la plupart des mangroves, disparaissent au rythme annuel de 1 %, ce qui entraîne une diminution des nurseries et des refuges pour les espèces de poissons et de coquillages et crustacés.

Liens socio-économiques : De nombreux écosystèmes (coraux, mangroves, autres zones humides, etc.) sont déjà menacés par les activités humaines, et les changements climatiques renforceront les contraintes. Nombre de peuples et communautés locales autochtones dépendent des écosystèmes (forêts, savanes, zones humides côtières, etc.) pour leur subsistance et leurs valeurs culturelles.

Encadré 9. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Amérique Latine (suite)

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Amérique Latine

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Augmentation du rythme de l'appauvrissement de la biodiversité.
- Effets adverses sur les forêts montagneuses humides, forêts (de feuillus) tropicales saisonnièrement sèches, terres arbustives, habitats de faible élévation (récifs coralliens et mangroves) et zones humides intérieures.
- La fonte et la régression des glaciers pourraient avoir des effets néfastes sur les ruissellements et l'alimentation en eau dans les zones où la fonte des glaciers est une importante source d'alimentation en eau, ce qui pourrait influencer sur la saisonnalité des systèmes riches en biodiversité, tels que les lagons des Páramos.
- Risque d'augmentation des inondations et des sécheresses, avec augmentation des charges sédimentaires et dégradation de la qualité de l'eau dans certaines régions.
- Les écosystèmes des mangroves subiront les effets néfastes (dégradation ou disparition) d'une élévation du niveau de la mer à un rythme annuel de 1 à 1,7% par an, ce qui contribuerait au déclin de certaines espèces de poissons.
- Les changements climatiques pourraient perturber les modes de vie dans les villages de montagnes en modifiant la production alimentaire déjà marginale, ainsi que la disponibilité des ressources en eau et des habitats de nombreuses espèces importantes pour les peuples autochtones.
- Les changements climatiques pourraient avoir certains effets bénéfiques sur les pêcheries et l'aquaculture d'eau douce, bien qu'il puisse y avoir d'importants effets néfastes, en fonction des espèces et des changements climatiques spécifiques à l'échelle locale.

Encadré 10. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Amérique du Nord

[GTII TRE Sections 5.6.2.2.1, 6.3.6, 15.1.2, et 15.3.2, et IRCC Section 8.3]

Caractéristiques régionales : L'Amérique du Nord présente une grande diversité pour ce qui est des structures géologiques, écologiques, climatiques et socio-économiques. Des zones fortement urbanisées et industrialisées, une agriculture et une exploitation forestière à gestion intensive, et une extraction intensive de ressources non renouvelables s'inscrivent dans des écosystèmes dominés par les populations humaines et caractérisées par une gestion des ressources à grande échelle. Il existe cependant de grandes régions à écosystèmes sans gestion intensive. Les extrêmes thermiques nord-américains se situent entre -40 et +40°C. Les Grandes Plaines (dont les Prairies au Canada) et la partie sud-est des États-Unis ont des conditions climatiques plus rigoureuses (orages, tornades et orages de grêle) que toute autre région au monde. Pratiquement tous les secteurs nord-américains sont vulnérables aux changements climatiques à un certain degré dans certaines régions secondaires.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : Les écosystèmes terrestres non forestiers représentent le type de couverture terrestre le plus important (>51%) en Amérique du Nord. Très divers, ils comprennent des zones humides non soumises aux marées (marais, tourbières, marécages), des toundras, de grands pâturages libres (prairies, déserts et savanes) et des terres agricoles (cultures et pâturages). Les écosystèmes non forestiers génèrent la plus grande partie des eaux de surface et des eaux de recharge des aquifères dans la partie ouest des Grandes Plaines et les régions les plus septentrionales de l'Amérique du Nord. L'Amérique du Nord abrite ~17% des forêts mondiales, lesquelles contiennent environ 14 à 17% du carbone biosphérique mondial. Aux latitudes moyennes, des conditions locales et un passé spécifiques, la gestion humaine, la pollution atmosphérique et les effets biotiques (herbivorisme, etc.) peuvent être des facteurs de contrôle de la production des forêts, de la décomposition et de l'équilibre du carbone des forêts plus puissants que les changements climatiques et l'augmentation du CO₂. Le Canada contient ~24% de la totalité des zones humides mondiales. L'existence d'un réchauffement important aux latitudes élevées est maintenant prouvée. Les forêts boréales se déplacent vers le nord au rythme de 100 km environ par °C. On peut observer des modifications de la composition des espèces végétales dans la toundra, en particulier des forbes et des lichens. En raison de températures au sol plus élevées et d'un dégel saisonnier plus profond du pergélisol discontinu relativement chaud, certaines forêts boréales au centre de l'Alaska ont été transformées en zones humides étendues au cours des dernières décennies.

La situation des animaux sauvages terrestres en Amérique du Nord varie géographiquement, par taxa et par ensembles d'habitats. Le Tableau 2 présente une estimation minimale du nombre d'espèces menacées. Bien que l'Amérique du Nord ait relativement peu d'espèces endémiques (par rapport à d'autres régions), elle contient d'importantes populations d'espèces migrantes telles que le gibier d'eau. De récentes études semblent indiquer des changements imputables au climat en ce qui concerne les répartitions de certains papillons, oiseaux et plantes, ainsi qu'une variabilité des dates de migrations, de pontes d'oiseaux et au niveau des phénologies végétales et de l'émergence de mammifères hibernants.

Encadré 10. Diversité biologique et incidences des changements climatiques en Amérique du Nord (suite)

Liens socio-économiques : Au cours des deux derniers siècles, les activités humaines ont eu des effets considérables sur les zones humides aux latitudes moyennes. Aux États-Unis, plus de 50% des zones humides originelles ont été détruites à des fins d'agriculture, la création de retenues d'eau, la construction de routes et autres activités, et la plupart des zones qui subsistent ont été modifiées par les cultures, les pâturages, la pollution, les changements hydrologiques et l'invasion par des espèces étrangères. Les zones humides aux latitudes élevées ont été beaucoup moins perturbées par les activités humaines. Les grands pâturages libres fournissent une grande variété de biens et de services, dont le fourrage, l'eau et les habitats pour les animaux sauvages et domestiques, et des espaces libres pour les loisirs. Les activités de loisirs associées aux forêts sont sources de revenus et d'emplois dans chaque région forestière de l'Amérique du Nord. L'utilisation des animaux sauvages à des fins alimentaires et autres fournit des milliards de dollars de revenus aux économies locales. De nombreuses communautés autochtones pratiquent la chasse, la pêche et d'autres activités exploitant les ressources naturelles à des fins de subsistance et sont déjà affectées par des changements des possibilités d'exploitation des ressources fauniques et de création d'emplois. Les changements climatiques pourraient avoir des incidences sur le nombre d'animaux sauvages (en particulier pour les espèces migratrices) et les habitats, avec répercussions sur les types traditionnels d'exploitation des ressources fauniques, et risque de disparition des modes de vie traditionnels. La plupart des peuples Inuit vivent dans la toundra continentale. Cette région contient également les principales zones de reproduction et de ponte pour une grande variété d'oiseaux migrateurs, et la principale zone de pâturage estival et de terrains de mise à bas pour les plus grands troupeaux de caribous du Canada, ainsi que des habitats pour des espèces végétales et animales critiques pour le mode de vie de subsistance des peuples autochtones. La diminution prévue de toundra continentale aura des répercussions sur les peuples autochtones (voir également Encadré 11).

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables en Amérique du Nord

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Dans les bassins hydrographiques dominés par la fonte des neiges, dans la partie ouest de l'Amérique du Nord, les débits printaniers maximum seront plus précoces et il pourra y avoir diminution des débits estivaux, ce qui aura des effets sur les écosystèmes aquatiques.
- Le déplacement vers le nord et en altitude des aires de répartition des espèces devrait se poursuivre; cependant, un grand nombre d'espèces ne peuvent pas se déplacer sur la surface terrestre au rythme des changements climatiques prévus et/ou il peut y avoir des obstacles aux déplacements des aires de répartition. Les dates de migrations et autres phénomènes phénologiques continueront probablement de changer. Plus le rythme des changements climatiques sera rapide, plus la probabilité de perturbation des écosystèmes et d'extinction des espèces sera élevée.
- Une hausse des températures pourrait diminuer les écosystèmes subarctiques. Il pourrait y avoir disparition du gibier à plumes migrateur et des habitats de reproduction et d'apport en fourrage dans la taïga/toundra, lesquelles pourraient pratiquement disparaître dans les régions continentales. Cette région contient des espèces végétales et animales indispensables au mode de vie de subsistance des peuples autochtones.
- L'élévation du niveau de la mer et l'augmentation de la fréquence des ondes de tempêtes pourraient aggraver l'érosion côtière, les inondations côtières, et la disparition des zones humides côtières, en particulier en Louisiane, Floride, et sur une grande partie du littoral atlantique des États-Unis. Environ 50% des zones humides côtières d'Amérique du Nord pourraient être inondées. Dans certaines régions, les zones humides risquent d'être coincées entre la montée des eaux et des structures artificielles.
- Les phénomènes El Niño sont liés aux diminutions des pêcheries au large de la côte ouest de l'Amérique du Nord, et les aires d'alimentation du saumon risquent de devenir moins productives, ce qui pourrait entraîner une diminution des prises.
- Aux États-Unis, on prévoit un risque de diminution des habitats des poissons de rivières de 47% pour les espèces d'eau froide, 50% pour celles d'eau tempérée, et de 14% pour celles d'eau chaude.
- Des écosystèmes uniques sans gestion intensive, tels que la toundra, certains marais salants côtiers, des zones humides de prairies, des paysages arides et semi-arides, et des écosystèmes d'eau froide, sont vulnérables, et une adaptation efficace est peu probable dans leur cas.
- Des changements climatiques pourront modifier la nature et de l'ampleur de plusieurs facteurs de perturbations (feux, infestations parasitaires, etc.) dans les zones forestières. La superficie de forêts boréales brûlées annuellement dans l'ouest de l'Amérique du Nord a doublé au cours des vingt dernières années, en dépit d'une amélioration de la détection et des mesures de protection, et correspond approximativement au réchauffement observé dans cette région. Les changements climatiques semblent également accélérer le développement saisonnier de certaines espèces d'insectes. On prévoit des modifications des aires de répartition et/ou de la fréquence des infestations pour un certain nombre d'insectes parasitaires nuisibles. Ces changements pourraient modifier la structure sous-jacente et la composition des espèces de certaines zones forestières, et pourraient s'accompagner de changements de la biodiversité.
- Les espèces invasives devraient augmenter et aggraver la vulnérabilité des écosystèmes.

Encadré 11. Diversité biologique et incidences des changements climatiques dans les régions polaires [GTII TRE Sections 16.2.3.4 et 16.3.1–2, et IRCC Sections 3.2 et 3.4]

Caractéristiques régionales : L'Arctique et l'Antarctique représentent ~20% de la surface terrestre mondiale. Bien que semblables sur de nombreux points, ces deux régions polaires diffèrent en ceci que l'Arctique est un océan gelé entouré de terres, alors que l'Antarctique est un continent gelé entouré par l'océan (Les rapports du GIEC incluent les îles sub-antarctiques). Les régions polaires renferment des paysages très divers et sont une zone marginale pour un grand nombre d'espèces; cependant, de nombreux organismes sont parfaitement adaptés aux écosystèmes terrestres et marins de cette partie du monde. L'Antarctique est le continent le plus sec et le plus froid et ne possède pas d'arbres. L'Arctique possède des forêts boréales, des prairies parsemées de buttes, et des terres arbustives.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : L'Arctique et l'Antarctique sont très importants pour les mammifères marins, dont les phoques, les baleines et de nombreuses espèces d'oiseaux migrateurs. Les ours polaires, les caribous et le bœuf musqué sont des animaux terrestres caractéristiques de l'Arctique, comme le sont les pingouins dans l'Antarctique. Les écosystèmes terrestres dans l'Arctique sont relativement simples, et sont limités par l'existence d'une surface terrestre exposée extrêmement froide. 2% seulement de la superficie de l'Antarctique ne sont pas recouverts de glace. Des plantes microscopiques poussent principalement dans les crevasses et les cavités des roches exposées; les sols mal développés contiennent des bactéries, des algues, des levures et autres fungi, des lichens et même des spores de mousses (généralement au stade dormant). Le littoral est une zone particulièrement riche en lichens et mousses. Dans cette région, l'eau de dégel contribue à la croissance d'espèces herbacées, comme les graminées. Sur la péninsule antarctique et les îles sub-antarctiques, certaines espèces d'invertébrés survivent dans un environnement extrêmement rigoureux grâce à des mécanismes de refroidissement extrême ou par anhydrobiose. Les Vallées Sèches sont l'une des régions désertiques les plus extrêmes au monde.

Liens socio-économiques : En dépit du niveau relativement faible de population dans l'Arctique, la plupart des communautés autochtones de cette région ont un mode de vie traditionnel et sont fortement dépendantes de la biodiversité pour leur survie. Des changements de la répartition et du nombre d'animaux marins et terrestres auront des incidences néfastes sur les modes de vie traditionnels de ces communautés. À l'opposé, une amélioration éventuelle du climat pourrait faciliter l'expansion vers le nord de la foresterie et de l'agriculture, et donc l'expansion des populations et des établissements humains. Les communautés autochtones, à modes de vie traditionnels, ont de faibles capacités et peu de choix en matière d'adaptation aux changements climatiques.

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables dans les régions polaires

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- On prévoit que les changements climatiques dans les régions polaires (en particulier dans l'Arctique) seront les changements les plus importants de la planète et auront des effets physiques et écologiques considérables.
- Les changements climatiques modifieront probablement de nombreux écosystèmes dans l'Arctique au cours du XXI^e siècle. La toundra pourra diminuer de deux tiers; la forêt boréale pourrait continuer sa progression vers le nord; et certaines zones humides et tourbières septentrionales pourraient s'assécher, alors que d'autres pourraient apparaître à la suite de nouvelles conditions hydrologiques et de nouveaux réseaux de drainage.
- Les animaux grands migrants, tels que les baleines et les oiseaux de mer, pourraient être affectés par la modification de la disponibilité de ressources alimentaires pendant la migration. De nombreuses espèces d'oiseaux de rivage mondiaux et autres espèces polaires se reproduisent dans la toundra arctique, laquelle pourrait subir les effets des changements de la répartition des habitats. La migration des animaux sauvages dans cette région sera limitée par la disponibilité des habitats.
- Dans le cas des cours d'eau gelant dans leurs lits, certains conserveront une couche d'eau sous la glace, ce qui sera utile pour les populations d'invertébrés et de poissons. Une couverture de glace plus mince augmentera la pénétration des rayons solaires dans l'eau ou la glace, ce qui augmentera la production photosynthétique d'oxygène et réduira les risques mortels pour les poissons en hiver. Mais une saison sans glace plus longue augmentera la profondeur du brassage de l'eau, réduira les concentrations d'oxygène et augmentera les contraintes sur les organismes d'eau froide. En raison du réchauffement, la saison de gel sera plus courte et il y aura moins d'inondations dues à l'embâcle, ce qui aura des effets positifs pour nombre de communautés septentrionales situées près des plaines d'inondations fluviales. À l'opposé, la diminution de la fréquence et de l'ampleur des inondations dues à l'embâcle pourrait avoir de graves conséquences sur les écosystèmes riverains septentrionaux — en particulier les deltas fluviaux très producteurs, dans lesquels les inondations périodiques se sont révélées critiques à la survie des lacs et étangs voisins.
- Le pergélisol se réchauffera et diminuera probablement de 12 à 22% d'ici 2050. Un dégel saisonnier plus profond améliorera les conditions de drainage et stimulera l'émission d'éléments nutritifs des sols dans le biote. L'assèchement ou l'humidité associés à la fonte et au drainage du pergélisol devrait réduire les communautés de bryophytes (assèchement) ou augmenter leur fréquence en cas d'obstacles au drainage. On prévoit un mouvement de l'équilibre entre les communautés de mousses, lichens et graminées.
- Une diminution de la glace marine réduira les lisières des glaces, qui constituent des habitats de choix pour les organismes marins dans les régions polaires.

Encadré 11. Diversité biologique et incidences des changements climatiques dans les régions polaires (suite)

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables dans les régions polaires (suite)

- La diminution de l'étendue et de l'épaisseur de la glace marine pourrait modifier la répartition, la structure des âges et la taille des populations de mammifères marins. Dans l'Arctique, les phoques qui utilisent les glaces pour le repos et les ours polaires qui se nourrissent de phoques sont particulièrement vulnérables. Dans l'Antarctique, les phoques crabiers et les manchots empereurs qui dépendent de la glace marine risqueront d'être affectés négativement, tandis que le nombre de manchots à jugulaire des mers libres pourrait augmenter. En raison des liens étroits entre la couverture de glace marine saisonnière et la dominance de krill ou de salpes, les mammifères marins (baleines, phoques, oiseaux de mer, etc.) qui dépendent du krill seront désavantagés. Étant donné l'importance du krill dans un grand nombre de chaînes alimentaires, des réseaux alimentaires ou des écosystèmes marins risquent de subir les effets néfastes des changements climatiques et de l'augmentation des rayons ultraviolet-B (UV-B).
- Les régions polaires sont extrêmement vulnérables aux changements climatiques et ont de faibles capacités d'adaptation.

Encadré 12. Diversité biologique et incidences des changements climatiques dans les petits États insulaires [GTII TRE Sections 17.1–2 et IRCC Section 9.3]

Caractéristiques régionales : Les petits États insulaires étudiés ici sont principalement ceux situés dans la zone tropicale et subtropicale. Ils sont situés dans les océans pacifique, indien, et atlantique, ainsi que dans les Caraïbes et la Méditerranée. Pour un grand nombre d'entre eux, la surface émergée dépasse rarement 3 à 4 m au-dessus du niveau actuel de la mer; même sur les îles les plus élevées, la plupart des établissements humains, de l'activité économique, de l'infrastructure et des services sont concentrés sur ou près de la côte. Ils ont donc en commun plusieurs caractéristiques (petite structure géographique basse entourée de vastes étendues océaniques, ressources naturelles limitées, fréquence des catastrophes naturelles et des phénomènes extrêmes), qui illustrent leur vulnérabilité aux incidences climatiques prévues.

Caractéristiques importantes de la diversité biologique : La biodiversité marine, côtière et terrestre des petits États insulaires est variable. Pour certains, elle est très riche. Les récifs coralliens, par exemple, présentent la plus riche biodiversité de tous les écosystèmes marins, avec 91 000 espèces décrites de taxa coralliennes. L'endémisme parmi la flore terrestre est élevé dans les îles Fidji (58 %), à l'île Maurice (46 %), à la République dominicaine (36 %), à Haïti (35 %), et à la Jamaïque (34 %). À l'opposé, d'autres écosystèmes insulaires, tels que les îles de basse élévation, tendent à avoir une biodiversité et un endémisme faibles. Une plante menacée sur trois connues est endémique aux îles; parmi les oiseaux, ~23% des espèces insulaires sont menacées, alors que ce chiffre n'est que de 11 % pour la population d'oiseaux mondiale.

Liens socio-économiques : Les barrières de corail, les mangroves, et les herbiers marins sont des écosystèmes importants dans un grand nombre de petites îles et contribuent considérablement aux ressources économiques de la plupart de ces États. Bien qu'un taux élevé de défrichement ait été une caractéristique de nombreux petits États insulaires depuis des décennies, des zones étendues sur certaines îles (environ la moitié de la superficie totale des îles Salomon, Vanuatu, Dominique, et Fidji, etc.) sont couvertes de forêts et terres boisées. Les forêts ont une grande importance socio-économique en tant que sources de bois d'œuvre, de combustibles et d'une multitude de produits autres que le bois. La capacité des espèces et des écosystèmes, tels que les mangroves, à déplacer leurs aires de répartition en réponse à l'évolution du climat, sera freinée par des pratiques d'utilisation des terres qui ont fragmenté les habitats.

Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables dans les petits États insulaires

Les effets suivants figurent parmi les incidences prévues des changements climatiques :

- Les récifs de corail seront affectés négativement par le blanchissement et par une diminution des taux de calcification, ce qui pourra entraîner la disparition de nombreuses communautés et espèces associées aux récifs. On peut donc s'attendre à une diminution des revenus dans les secteurs clés tels que le tourisme et la pêche.
- L'élévation des températures et l'accélération de l'élévation du niveau de la mer auront des effets néfastes sur les mangroves, les herbiers marins, et d'autres écosystèmes côtiers et sur leur biodiversité.
- L'ingression d'eau de mer dans les habitats d'eau douce nuira à leur biodiversité.
- Une augmentation de la fréquence des typhons/ouragans ou de la vitesse du vent pourrait avoir des effets néfastes sur certains habitats.

Encadré 12. Diversité biologique et incidences des changements climatiques dans les petits États insulaires (suite)***Incidences des changements climatiques sur la diversité biologique et écosystèmes vulnérables dans les petits États insulaires (suite)***

- Les inondations des zones forestières de faible élévation dans les îles feront disparaître certaines espèces d'oiseaux endémiques, car la majorité des espèces d'oiseaux menacées vivent dans les habitats forestiers. Les incidences des changements climatiques sur les espèces résulteront probablement d'un stress physiologique direct et des changements/disparitions d'habitats dus à la modification des régimes de perturbations (feux, etc).
- Une élévation du niveau de la mer aura des incidences graves sur l'agroforesterie des atolls et la culture du taro, très importantes pour les communautés insulaires. Des changements du littoral dus à l'érosion perturberont les populations; et les effets conjoints de la disparition de l'eau douce et de l'augmentation des ondes de tempêtes renforceront le stress sur les plantes d'eau douce et la vulnérabilité à la sécheresse.

Protocole de Kyoto, est une importante source d'information pour cette section. La contribution du Groupe de travail III au Troisième rapport d'évaluation est d'une grande utilité pour les discussions sur les mesures d'atténuation, mais contient moins d'informations sur la diversité biologique.

Les forêts, terres agricoles et autres écosystèmes terrestres offrent de grandes possibilités d'atténuation des concentrations de carbone par le biais des changements d'affectation des terres (boisement et reboisement), la prévention du déboisement, et la gestion de l'agriculture, des terres à pâturages et des forêts. Le potentiel mondial des options d'atténuation biologique serait de l'ordre de 100 Gt C (cumulatif) en 2050, soit environ 10 à 20% des émissions de combustibles fossiles prévues pendant cette période, bien que ces estimations soient entachées de beaucoup d'incertitudes. Les régions subtropicales et tropicales offrent le plus important potentiel biologique. [DDS RID, DDS Q6 et Q7, et GTIII TRE Glossaire]

Les mesures d'atténuation des gaz à effet de serre doivent être replacées dans le contexte des nombreux biens et services fournis par les écosystèmes. Les besoins humains en biens et services exercent des pressions sur la diversité biologique. Les mesures d'atténuation peuvent être en opposition ou en accord avec d'autres utilisations des écosystèmes et la conservation de la biodiversité. [GTIII TRE Chapitre 4 RE]

7.1. Incidences possibles du boisement, reboisement et prévention du déboisement sur la diversité biologique

Le potentiel d'atténuation mondial des activités de boisement, reboisement et de la prévention du déboisement après 1990 devrait être de 60 à 87 Gt C sur 700 Mha entre 1995 et 2050, dont 70% dans les forêts tropicales, 25% dans les forêts tempérées, et 5% dans les forêts boréales. [GTII DRE Section 24.4.2.2 et GTII DRE Tableau 24-5]

Les projets de boisement, reboisement et prévention du déboisement, conjointement avec une gestion et des critères de sélection appropriés ainsi que la participation des communautés locales, peuvent améliorer la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité. Certaines options de gestion permettent d'exploiter les synergies entre le piégeage du carbone et la biodiversité — par exemple, l'adoption de périodes de rotation plus longues, la modification des tailles des unités d'abattage ou

des longueurs des lisières, la création d'une mosaïque de peuplements d'âges divers, la limitation des intrants chimiques, la réduction ou la suppression des mesures de défrichage de la végétation de l'étage inférieur ou la plantation d'espèces mixtes, y compris des espèces indigènes. [RSUTCATF Section 2.5.1.1.1]

Les projets de boisement, reboisement et prévention du déboisement pourront avoir des conséquences externes, notamment des effets sur la biodiversité. Par exemple, la conservation de forêts qui auraient pu être transformées en terres agricoles, peut obliger les agriculteurs à se déplacer vers des terres extérieures aux limites du projet, un phénomène connu sous le nom de « fuites ». Des projets peuvent aussi apporter des bénéfices externes tels que l'adoption de nouveaux modes de gestion des terres à l'extérieur des limites d'un projet grâce à la diffusion technologique ou la réduction des contraintes sur les forêts naturelles riches en biodiversité. [RSUTCATF Section 5.3.3]

7.1.1. Incidences possibles de la réduction du déboisement sur la diversité biologique

Outre les bénéfices de l'atténuation des changements climatiques, le ralentissement du déboisement et/ou de la dégradation des forêts pourrait présenter des bénéfices importants pour la diversité biologique. Les forêts tropicales primaires contiennent entre 50 et 70% de toutes les espèces terrestres. Les forêts tropicales actuelles ont des taux de déboisement importants (moyenne annuelle de 15 Mha pendant les années 1980, avec émissions de $1,6 \pm 1,0$ Gt C an⁻¹). Le déboisement des forêts tropicales et la dégradation des forêts sont des facteurs majeurs de l'appauvrissement de la biodiversité mondiale. Ils diminuent également la disponibilité des habitats et entraînent la disparition locale des espèces, des populations et de la diversité génétique. Selon les estimations, le potentiel d'atténuation du ralentissement du déboisement tropical serait de l'ordre de 11 à 21 Gt C pour la période 1995–2050 sur 138 Mha. [GTIII TRE Section 4.3.2, RSUTCATF Sections 1.4.1 et 2.5.1.1.1, et GTII DRE Section 24.4.2.2]

Les projets de prévention du déboisement dans les forêts menacées ou vulnérables, biologiquement diverses et écologiquement importantes, peuvent être particulièrement utiles pour la biodiversité. Bien que tout projet ralentissant le déboisement ou la dégradation des forêts contribue à préserver la biodiversité, des projets pour les forêts menacées/vulnérables, exceptionnellement riches en espèces, mondialement rares ou uniques au plan régional, peuvent offrir les plus grands bénéfices pour la diversité biologique. Des projets protégeant les forêts contre la transformation des terres ou la dégradation dans les bassins hydrographiques importants peuvent ralentir considérablement l'érosion

⁸ Par "peuples traditionnels" on entend ici les populations locales ayant un mode de vie traditionnel, souvent rural. Les peuples traditionnels ne sont pas nécessairement autochtones pour un lieu donné.

des sols, protéger les ressources en eau, et conserver la biodiversité. Des projets visant à promouvoir un abattage à incidences réduites auront peut-être moins de bénéfices accessoires pour la biodiversité que la protection des forêts (c'est-à-dire pas d'abattage) au niveau des sites, mais peuvent offrir des bénéfices socio-économiques plus importants pour les propriétaires locaux et, à terme, être une option plus viable, en particulier là où les communautés dépendent dans une large mesure des forêts pour leur subsistance. La protection des écosystèmes les plus menacés ne fournit pas toujours les bénéfices les plus importants pour ce qui est du carbone. Au Brésil, par exemple, les forêts les moins bien protégées et les plus menacées sont situées le long de la limite sud de l'Amazonie, où la création de réserves est relativement coûteuse et où les forêts contiennent moins de biomasse (carbone) que dans le centre de l'Amazonie. Mais la protection des forêts peut aussi avoir des effets sociaux négatifs, tels que le déplacement des populations locales, la baisse des revenus, et la réduction du mouvement de produits d'origine forestière. Ces conflits entre la protection des systèmes naturels et d'autres fonctions peuvent être réduits par une utilisation des terres et une gestion des peuplements appropriées et par l'emploi d'évaluations environnementales et sociales. [RSUTCATF Sections 2.5.1.1.1 et 5.5.1, et GTIII TRE Section 4.4]

Des projets pilotes visant à prévenir les émissions en réduisant le déboisement et la dégradation des forêts ont produit des bénéfices accessoires environnementaux et socio-économiques importants, y compris la conservation de la biodiversité, la protection des bassins hydrographiques, une meilleure gestion des forêts, l'amélioration du renforcement des capacités locales, et des emplois dans les entreprises locales. Des exemples de projets de prévention du déboisement avec bénéfices accessoires figurent dans l'Encadré 5.1 et au Tableau 5.2 du Rapport spécial du GIEC sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie (exemple: le projet de conservation et gestion du Rio Bravo à Belize). [RSUTCATF Section 5.5.1 et RSUTCATF Encadré 5–1]

7.1.2. Incidences possibles du boisement et du reboisement sur la diversité biologique

Dans le contexte de l'Article 3.3 du Protocole de Kyoto, les termes boisement et reboisement désignent la transformation de terres non boisées en terres boisées. Le boisement est défini comme la transformation directe d'origine humaine de terres non boisées pendant au moins cinquante ans en terres boisées par le biais des plantations, semis, et/ou promotion d'origine humaine des sources de semences naturelles. Le reboisement est défini comme la transformation directe d'origine humaine de terres non boisées en terres boisées par le biais de plantations, semis et/ou promotion d'origine humaine des sources de semences naturelles sur des terres autrefois boisées mais qui ont été transformées en terres non boisées. Pour la première période d'engagement du Protocole de Kyoto (2008–2012), les activités de reboisement seront limitées au reboisement effectué sur des terres qui n'étaient pas boisées au 31 décembre 1989.

Les projets de boisement et reboisement peuvent avoir des incidences positives, neutres ou négatives sur la diversité biologique, selon le niveau de biodiversité des écosystèmes non boisés remplacés, l'ampleur du projet (peuplement par rapport à paysage, etc.), et d'autres questions de conception et de mise en œuvre (espèces indigènes ou étrangères, une ou plusieurs espèces, etc.). Des projets de boisement et reboisement remplaçant des écosystèmes non-boisés indigènes (prairies indigènes riches en espèces, etc.) par des espèces étrangères, ou par une ou plusieurs espèces, appauvrissent la diversité biologique du site. Leurs incidences sur les paysages et la biodiversité à l'échelle régionale peuvent être négatives ou positives, selon le contexte,

la conception et la mise en œuvre. Le boisement et le reboisement peuvent être neutres ou peuvent augmenter ou enrichir la biodiversité lorsqu'ils remplacent des terres écologiquement dégradées ou facilitent le retour, la survie et l'expansion de la flore ou de la faune indigène. Lorsque le boisement ou le reboisement vise à restaurer des terres dégradées, il aura probablement d'autres bénéfices environnementaux, tels que la diminution de l'érosion, le contrôle de la salinisation, et la protection des bassins hydrographiques. [RSUTCATF Sections 2.5.1, 2.5.2.2, 3.5, 3.6.1, et 4.7.2.4]

Le boisement qui a pour effet une utilisation de l'eau supérieure à celle par la végétation existante peut causer une diminution sensible des débits des cours d'eau, ce qui peut avoir des effets néfastes sur la biodiversité des cours d'eaux, des rivages, des zones humides et des plaines d'inondation. Par exemple, les débits d'écoulement en Afrique du Sud diminuent considérablement après la plantation de pins et d'eucalyptus. [GTIII TRE Section 4.4.1 et RSUTCATF Section 4.7.2.4]

Bien que leur biodiversité soit généralement inférieure à celle des forêts naturelles, les plantations peuvent diminuer les pressions sur ces forêts en servant de sources de produits forestiers, et laisser des zones plus importantes pour la biodiversité et d'autres services environnementaux. Au niveau des sites, les plantations peuvent nuire à la biodiversité si elles remplacent des prairies indigènes riches en espèces, des zones humides, des landes ou des terrains arbustifs indigènes riches en espèces; mais la plantation d'espèces indigènes ou étrangères peut contribuer à améliorer la biodiversité en facilitant la protection ou la régénération des forêts naturelles. Par exemple, dans la province de Mpumalanga en Afrique du Sud, le développement de plantations commerciales (*Eucalyptus sp.* et pins) a entraîné une diminution considérable de plusieurs espèces endémiques, d'espèces menacées d'oiseaux des savanes et de la flore sauvage. En général, les plantations de quelques espèces, en particulier si ce ne sont pas des espèces indigènes, auront probablement une faune et une flore moins riches que celles des peuplements de forêts indigènes. Des plantations bien espacées, composées de plusieurs espèces (faisant l'objet d'une gestion forestière durable) et établies dans des sites pauvres en biodiversité peuvent enrichir cette dernière. De plus, des études ont montré que même des plantations n'ayant qu'une seule espèce d'arbres dans les tropiques/sous-tropiques (*Eucalyptus grandis*, par exemple) peuvent, si elles sont bien espacées, permettre l'établissement de diverses espèces indigènes de bas étage en procurant de l'ombre et en modifiant les microclimats. [GTIII TRE Section 4.4.1 et RSUTCATF Sections 2.5.1.1.1, 4.7.2.4, et 5.5.2]

7.2. Incidences possibles sur la diversité biologique de la gestion des terres à des fins d'atténuation des changements climatiques

Les mesures de gestion des terres visant à atténuer les émissions de gaz à effet de serre peuvent influencer sur la qualité de l'environnement général, y compris sur la qualité des sols, l'érosion, la qualité de l'eau et de l'air, et les habitats des animaux sauvages, et avoir des effets sur la biodiversité terrestre et aquatique.

7.2.1. Incidences possibles sur l'agroforesterie

Les activités d'agroforesterie peuvent piéger le carbone et avoir des effets bénéfiques sur la biodiversité. L'agroforesterie (la combinaison des plantations d'arbres et des cultures pour former des systèmes de production multi-espèces complexes) peut augmenter les puits de carbone sur les terres où elle remplace des zones contenant seulement des récoltes annuelles ou des sols dégradés. Les bénéfices accessoires de l'agroforesterie incluent

le renforcement de la sécurité alimentaire, l'augmentation des revenus agricoles, la diminution de l'érosion des sols, et la régénération et la conservation de la biodiversité en surface et souterraine. En général, lorsque l'agroforesterie remplace des forêts indigènes, la diversité biologique est appauvrie; cependant, elle peut contribuer à améliorer la biodiversité sur des sites dégradés, dus souvent à un déboisement antérieur. Les systèmes d'agroforesterie tendent à être biologiquement plus divers que les terres de cultures traditionnelles, les prairies ou pâturages dégradés, et les stades initiaux de jachères des forêts secondaires. Le problème est donc d'éviter le déboisement si possible, et, là où il s'avère inévitable, d'exploiter les connaissances locales et les espèces locales pour créer des habitats d'agroforesterie offrant des bénéfices aux agriculteurs et aux espèces locales de faune et de flore. [RSUTCATF Fiche d'information 4.10]

7.2.2. Incidences possibles de la gestion des forêts

La gestion des forêts permettant le piégeage du carbone dans la biomasse superficielle et souterraine et du carbone organique des sols peut aussi avoir des effets positifs et négatifs sur la diversité biologique. La régénération assistée, la fertilisation, la gestion des feux ou des parasites, la programmation des récoltes, et les récoltes à incidences limitées entrent dans le cadre de la gestion des forêts (voir Encadré 13). [RSUTCATF Tableau 4.1]

7.2.3. Incidences possibles des mesures d'atténuation dans le secteur de l'agriculture

Les activités et projets dans le secteur de l'agriculture visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et augmenter le piégeage du carbone peuvent promouvoir une agriculture durable et le développement rural, et enrichir ou appauvrir la diversité biologique. Un nombre d'activités de gestion agricole peuvent permettre de piéger le carbone dans les sols (intensification, irrigation, travail de conservation du sol, contrôle de l'érosion, et gestion du riz; voir Encadré 14). Leurs effets sur la biodiversité peuvent être bénéfiques ou néfastes, en fonction des pratiques et du contexte de mise en œuvre. Ces activités incluent l'adoption d'une approche participative centrée sur l'exploitant et un examen attentif des connaissances et des technologies locales et indigènes, la promotion du cyclage et de l'utilisation des matériaux organiques dans des systèmes agricoles à faibles intrants, et l'utilisation de l'agrobiodiversité telle que celle des variétés de cultures adaptées localement et la diversification des cultures. Les pratiques agricoles qui améliorent et préservent le carbone organique des sols peuvent également augmenter ou réduire les émissions de CH₄ et de N₂O. [RSUTCATF Sections 2.5.1.1 et 2.5.2.4.2, RSUTCATF Tableau 4-1, et RSUTCATF Fiche d'information 4.1-4.5]

7.2.4. Incidences possibles de la gestion des prairies et des terres à pâturages

Les activités et projets relatifs aux terres à pâturages peuvent augmenter le piégeage du carbone et améliorer ou appauvrir la diversité biologique. La gestion des prairies peut permettre de piéger le carbone dans les sols et inclut la gestion des pâturages, des prairies protégées et des mises en réserve, l'amélioration de la productivité des prairies, et la gestion des feux (voir Encadré 15). La plupart de ces activités ont des bénéfices pour la biodiversité, mais certaines, telles que la fertilisation, pourraient appauvrir la biodiversité sur place. [RSUTCATF Tableau 4.1]

7.3. Incidences possibles des nouvelles technologies énergétiques sur la diversité biologique

Parmi les options d'atténuation dans le secteur énergétique sus-

ceptibles d'influer sur la diversité biologique, on peut citer l'utilisation plus efficace du bois de chauffage et du charbon de bois comme sources d'énergie; des sources d'énergie renouvelables telles que l'énergie de la biomasse; l'énergie éolienne, solaire et hydroélectrique; et l'injection de CO₂ dans les nappes souterraines et les profondeurs océaniques. L'amélioration de l'efficacité de la production ou de l'utilisation d'énergie à base de combustibles fossiles permettra de réduire l'utilisation de combustibles fossiles, et donc les effets de la prospection minière, de l'extraction, du transport et de la combustion des combustibles fossiles sur la biodiversité.

7.3.1. Utilisation de fours à bois performants et du biogaz pour la cuisson et leurs incidences possibles sur la diversité biologique

Les mesures de conservation du bois de chauffage, telles que l'emploi de fours performants et de biogaz, peuvent réduire les pressions sur les forêts et donc préserver la biodiversité. Dans de nombreuses régions, traditionnellement, le bois de chauffage est la principale biomasse extraite des forêts, ce qui a des effets significatifs sur la biodiversité. La plus grande partie du bois de chauffage d'origine forestière est destinée à des activités de subsistance telles que la cuisson des aliments; l'emploi de fours à bois plus performants et d'une meilleure technologie de production du charbon de bois permet de réduire les quantités de bois nécessaires. Le bois sert également à fabriquer le charbon de bois pour les applications industrielles (au Brésil, par exemple). La consommation de bois de chauffage et de charbon de bois dans les pays tropicaux devrait augmenter et passer de 1,3 milliards de m³ (0,33 Gt C an⁻¹) en 1991 à 3,4 milliards de m³ (0,85 GtC an⁻¹) d'ici 2050. Le biogaz obtenu par décomposition anaérobie des déchets agricoles peut être un substitut au bois de chauffage pour les foyers et les communautés. Par conséquent, les mesures d'atténuation visant à réduire l'emploi du bois pour la cuisson et le chauffage grâce à des améliorations de l'efficacité (meilleurs fours et biogaz) peuvent réduire considérablement les pressions sur les forêts et donc contribuer à la conservation de la biodiversité. [GTIII TRE Section 3.8.4.3.2 et GTII DRE Sections 15.3.3 et 22.4.1.4]

7.3.2. Incidences possibles de l'augmentation de l'utilisation de l'énergie de la biomasse

Les nouvelles technologies bioénergétiques peuvent offrir d'importants bénéfices en matière d'atténuation et de conditions socio-économiques, mais la biodiversité risque d'être menacée s'il n'y a pas sélection de sites et gestion appropriés. L'énergie de la biomasse, qui est fondée sur les plantations, l'utilisation des résidus et l'éclaircissement des forêts existantes, pourrait réduire les émissions de CO₂ en diminuant l'utilisation des combustibles fossiles. Ce type d'énergie pourrait avoir des effets positifs sur l'environnement, notamment une réduction des émissions de polluants atmosphériques, la régénération des terres dégradées, et une réduction des pressions sur les forêts jusqu'au remplacement éventuel du bois de chauffage par d'autres sources d'énergie. Cependant, il convient de s'inquiéter des effets environnementaux et socio-économiques à court et long terme d'une production de biocombustibles à grande échelle, en particulier de la dégradation des sols et de la qualité de l'eau, du manque de résistance des monocultures, et des implications des biocarburants pour la diversité biologique, la durabilité et l'agrément. Les plantations pour la production bioénergétique à grande échelle à haut rendement, avec des systèmes de production similaires à ceux de l'agriculture intensive, seront préjudiciables à la biodiversité s'ils remplacent des systèmes plus riches en diversité biologique. Mais des plantations à petite échelle, sur des terres dégradées ou des terres agricoles en friche, offriront des béné-

Encadré 13. Activités de gestion des forêts

L'amélioration de la régénération consiste à renouveler la couverture forestière par l'établissement naturel ou artificiel de jeunes arbres — en général, avant, pendant, ou peu après la disparition de l'ancien peuplement ou des anciennes forêts. La régénération des forêts inclut des pratiques telles que la modification de la densité des plantations par une régénération naturelle assistée, les plantations enrichissantes, la réduction du pâturage dans les savanes forestières, et la modification de la provenance/composition génétiques des arbres ou des espèces arborées. Les techniques de régénération peuvent influencer sur la composition, les stocks et la densité et peuvent enrichir ou appauvrir la biodiversité. [RSUTCATF Fiche d'information 4.12]

La fertilisation, qui est l'apport d'éléments nutritifs pour augmenter le taux de croissance ou lutter contre un déficit nutritionnel du sol, n'aura probablement pas de bénéfices environnementaux si sa mise en œuvre n'est pas optimale. Dans certains cas, elle peut avoir des effets négatifs sur l'environnement — augmentation des émissions d'oxyde nitreux (N₂O) et d'oxydes d'azote (NO_x) dans l'atmosphère, les sols et l'eau, et modification des processus des sols. [RSUTCATF Fiche d'information 4.13]

La gestion des feux de forêts — utilisée pour réguler le recyclage de la biomasse forestière résultant des feux, maintenir les écosystèmes forestiers en bon état, et réduire les émissions de gaz à effet de serre — a des incidences environnementales difficiles à généraliser étant donné que dans certains écosystèmes les feux sont une composante essentielle du cycle de succession. La restauration des anciens régimes de feux peut être un élément important de la foresterie durable mais peut aussi nécessiter des interventions telles que l'accès (construction de routes) susceptibles d'avoir des effets néfastes sur l'environnement. [RSUTCATF Fiche d'information 4.14]

La gestion des parasites est l'application de stratégies destinées à maintenir les populations de parasites à des niveaux acceptables. Si l'on utilise des biocides pour le contrôle des parasites, cette pratique peut à terme appauvrir la biodiversité. À l'opposé, lorsque la gestion des parasites prévient la destruction à grande échelle des forêts, elle peut accroître les bénéfices pour le paysage, les loisirs et les bassins hydrographiques. [RSUTCATF Fiche d'information 4.15]

La quantité et la programmation des récoltes, y compris les éclaircies pré-commerciales et commerciales, la sélection, et les récoltes de coupe à blanc influenceront sur la qualité et la quantité du bois produit, ainsi que sur le stockage du carbone et la biodiversité. La programmation des récoltes peut avoir des effets positifs et négatifs sur la biodiversité, les loisirs et la gestion du paysage. [RSUTCATF Fiche d'information 4.16]

Les récoltes à faibles incidences minimisent les perturbations des sols et les dommages pour les autres composants végétaux et, dans la plupart des cas, ont des bénéfices environnementaux au niveau de la biodiversité, des loisirs et de la gestion du paysage. [RSUTCATF Fiche d'information 4.17]

fices environnementaux. Généralement, ce sont les plantations avec un petit nombre d'espèces qui ont les rendements les plus élevés et la gestion et les cultures les plus efficaces; mais des plantations bien conçues pourraient inclure des zones réservées à la flore et la faune indigènes et des parcelles avec des clones et/ou des espèces différentes. Une des options serait de produire des biocarburants dans le cadre d'une gestion intégrée des forêts avec production de bois d'œuvre et de bois à pâte. Les résidus des récoltes et des divers stades du processus de récolte, comme les éclaircies et coupes à blanc, ont un rôle important dans la production de biocombustibles. Les incidences sur la diversité biologique dépendent de la mise en œuvre de ces pratiques de gestion. Les plantations pour biocombustibles ont une diversité d'espèces qui se situe entre celle des forêts naturelles et celle des cultures annuelles en lignes. Des recherches sur les plantations multi-espèces et les stratégies de gestion, ainsi qu'une planification judicieuse de l'utilisation des terres pour protéger les réserves, les zones de forêts naturelles et les couloirs de migration, peuvent résoudre certains problèmes liés à la biodiversité. Des plantations à l'échelle des communautés permettraient de répondre au problème de l'approvisionnement alimentaire et de l'accès aux terres pour les communautés locales. Ces plantations pourraient alimenter des technologies de conversion à petite échelle, répondre aux besoins locaux en matière d'énergie et de bois d'œuvre, assurer l'emploi, et fournir de l'électricité et des combustibles liquides dans les zones rurales. Un des obstacles à l'établissement de systèmes de biocombustibles à l'échelle des communautés est l'insuffisance des capitaux institutionnels et humains pour la mise en œuvre de projets répondant aux besoins

locaux plutôt qu'aux priorités des investisseurs étrangers concernant les crédits de carbone. Les bénéfices environnementaux et socio-économiques locaux des composants forestiers et producteurs d'énergie d'un projet de bioénergie sont une des incidences locales de l'énergie de la biomasse. [GTIII TRE Section 4.3.2.1, GTIII TRE Tableau 3.31, RSUTCATF Sections 4.5.3, 4.5.5, et 5.5.3, et GTII DRE Section 25.5]

7.3.3. Incidences possibles de l'énergie hydroélectrique

Le développement à grande échelle de l'énergie hydroélectrique peut avoir des coûts environnementaux et sociaux élevés tels que l'appauvrissement de la diversité biologique et des terres, l'émission de CH₄ par la végétation inondée ou le déplacement des communautés locales. L'énergie hydroélectrique pourrait réduire sensiblement la teneur en gaz à effet de serre de la production énergétique. Actuellement, ~19% de l'électricité mondiale est produite par l'énergie hydroélectrique. Une grande partie du potentiel d'énergie hydroélectrique en Europe et en Amérique du Nord est déjà exploitée, mais seulement une petite proportion du grand potentiel des pays en développement a été exploitée. Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la plupart des projets d'énergie hydroélectrique sont relativement faibles, la grande exception importante étant celle des grands lacs peu profonds des zones tropicales à végétation importante où les émissions dues à la décomposition végétale peuvent être importantes. L'évaluation au cas par cas des conséquences sociales et environnementales du développement de l'énergie hydroélectrique peut minimiser les effets indésirables. La création des

Encadré 14. Activités de gestion agricole

Les pratiques d'intensification agricole qui améliorent la production et l'introduction de résidus dérivés des végétaux dans les sols incluent notamment les rotations des cultures, la diminution des jachères nues, l'utilisation de cultures abris, des variétés à haut rendement, une gestion intégrée des parasites, une fertilisation appropriée, des apports organiques, l'irrigation, la gestion des nappes phréatiques et la gestion spécifique au site. Ces activités ont de nombreux bénéfices accessoires, en particulier l'augmentation de la production alimentaire, le contrôle de l'érosion, la conservation de l'eau, l'amélioration de la qualité de l'eau, et la diminution de l'envasement des réservoirs et voies d'eaux, ce qui a des effets positifs sur les pêcheries et la biodiversité. Cependant, la qualité des sols et de l'eau peut être compromise par une utilisation indiscriminée d'intrants chimiques et de l'eau d'irrigation, et par une utilisation accrue des engrais azotés qui augmentera l'utilisation de combustibles fossiles et risquera d'augmenter les émissions de N₂O. [RSUTCATF Fiche d'information 4.1]

L'irrigation, couramment utilisée dans de nombreuses régions à précipitations saisonnières variables, peut améliorer la production de la biomasse dans les systèmes agricoles à ressources hydriques limitées, mais peut aussi augmenter les risques de salinisation et détourne souvent l'eau des rivières et des débits de crue, avec des conséquences significatives sur la biodiversité des rivières et des plaines d'inondation. [RSUTCATF Fiche d'information 4.2]

Le travail de conservation du sol désigne de nombreuses pratiques de travail du sol, y compris le travail au cultivateur sous-soleur, travail sur billon, microbillonage, travail sur paillis, et les semis directs pour préserver le carbone organique des sols. L'adoption du travail de conservation du sol a une multitude de bénéfices accessoires, notamment le contrôle de l'érosion hydrique et éolienne, la conservation de l'eau, l'augmentation des capacités de réserves d'eau, la réduction de la compaction, une meilleure résistance des sols aux intrants chimiques, l'amélioration de la qualité des sols et de l'air, l'amélioration de la biodiversité des sols, la réduction de l'utilisation d'énergie, une meilleure qualité de l'eau, et la diminution de l'envasement des réservoirs et voies d'eau avec des bénéfices connexes pour les pêcheries et la biodiversité. Dans certaines régions, comme en Australie, un lessivage accru résultant d'une plus grande rétention d'eau associée au travail de conservation du sol risque de causer une salinisation en bas. [RSUTCATF Fiche d'information 4.3]

Les pratiques de contrôle de l'érosion — qui incluent les structures de conservation de l'eau, l'utilisation de bandes végétales comme bandes filtres pour la gestion des zones riveraines, et les brise-vent pour le contrôle de l'érosion éolienne — peuvent diminuer la quantité totale de carbone organique des sols déplacé par l'érosion des sols, qui, selon les estimations, s'élève à 0,5 Gt C an⁻¹. Ces pratiques ont un grand nombre de bénéfices accessoires et d'incidences connexes, dont une productivité accrue, l'amélioration de la qualité de l'eau, la réduction de l'utilisation d'engrais (en particulier des nitrates), la diminution de l'envasement des voies d'eau, la réduction des émissions de CH₄, une diminution connexe des risques d'inondations, et l'augmentation de la biodiversité des systèmes aquatiques, brise-vent et zones riveraines. [RSUTCATF Fiche d'information 4.4]

Les stratégies de gestion du riz — qui incluent l'irrigation, la fertilisation et la gestion des résidus des récoltes — ont des effets sur les émissions de CH₄ et les réserves de carbone. On ne dispose que d'informations limitées sur les incidences des activités de gestion du riz sur les gaz à effet de serre et sur la biodiversité. [RSUTCATF Fiche d'information 4.5]

réservoirs des barrages, par exemple, fait disparaître des terres, et appauvrit la biodiversité terrestre locale; les barrages risquent aussi d'empêcher la migration des poissons (qui est un stade crucial du cycle de vie de certaines espèces de poissons), d'arrêter les débits, et de réduire la biodiversité aquatique et terrestre suite aux changements de débit et de la teneur en oxygène et en sédiments de l'eau. La perturbation des écosystèmes aquatiques dans les régions tropicales peut avoir des effets environnementaux indirects; par exemple, une augmentation des pathogènes et de leurs hôtes intermédiaires peut augmenter les maladies humaines, telles que le paludisme, le Schistosomiasis, Filariasis, et la fièvre jaune. Des installations bien conçues (faisant appel à des technologies modernes faisant circuler l'eau par une succession de barrages et de centrales plus petits) peuvent réduire les effets environnementaux adverses. En règle générale, des projets d'énergie hydroélectriques à petite et micro-échelle ont des incidences limitées sur l'environnement. [GTIII TRE Section 3.8.4.3.1 et GTII DRE Section 19.2.5.1]

7.3.4. Incidences possibles de l'énergie éolienne

L'énergie éolienne peut contribuer à une stratégie d'atténuation et, avec une implantation correcte, n'aura que des incidences limitées sur les animaux sauvages. L'acceptabilité de

l'énergie éolienne par le public est influencée par le bruit, l'impact visuel sur le paysage, et la perturbation apportée aux animaux sauvages (oiseaux). Si l'on en croit un petit nombre d'études sur les incidences des turbines sur les animaux sauvages, celles-ci sont généralement faibles et dépendent des espèces; cependant, une analyse au cas par cas pourrait être utile. [GTII DRE Section 19.2.5.3]

7.3.5. Incidences possibles de l'énergie solaire

L'utilisation des terres, la consommation d'eau, la compatibilité avec des espèces désertiques et les considérations esthétiques sont les principaux facteurs environnementaux dont doivent tenir compte les technologies héliothermiques. Étant donné qu'il sera préférable d'implanter les grandes centrales dans des régions désertiques, la consommation d'eau sera probablement le problème environnemental le plus important. [GTII DRE Section 19.2.5.4.2]

7.3.6. Incidences possibles du stockage de carbone

La technologie utilisée pour absorber le CO₂ des gaz de combustion ou du gaz combustible est disponible, et le CO₂ peut être ensuite stocké dans d'anciens puits de gaz et de pétrole, des

Encadré 15. Activités de gestion des terres à pâturages

La gestion des terres à pâturages est la gestion de l'intensité, de la fréquence et de la saisonnalité des pâturages et de la répartition des animaux. Le surpâturage étant la principale cause individuelle de dégradation des prairies, l'amélioration de la gestion des pâturages peut augmenter les puits de carbone, diminuer l'érosion des sols et réduire les émissions de CH₄, par le biais de la diminution du nombre d'animaux et de l'amélioration de la qualité des intrants. Dans certaines prairies, le pâturage peut modifier la composition des espèces au profit de celles à grands systèmes racinaires, ce qui augmente le stockage du carbone dans les couches superficielles des sols. Lorsque ces espèces sont dominantes, un pâturage intensif diminue les niveaux de carbone dans les sols. Le pâturage intensif peut augmenter les possibilités d'établissement de buissons arbustifs impropres à la consommation, ce qui augmente le carbone de la biomasse, mais diminue la capacité de pâturage.

[RSUTCATF Fiche d'information 4.6]

Les prairies protégées et les mises en réserve créées par les changements d'affectation des terres cultivées ou par la transformation des terres dégradées en prairies de graminées vivaces peuvent augmenter la biomasse superficielle et souterraine. Leurs incidences connexes peuvent inclure la diminution de la productivité des terres, l'augmentation de la production animale si les terres servent de pâturages, l'augmentation de la biodiversité des écosystèmes de graminées indigènes si elles sont rétablies, l'augmentation des habitats des animaux sauvages, la réduction de l'érosion. etc. [RSUTCATF Fiche d'information 4.7]

L'amélioration de la productivité des prairies peut faire appel à l'introduction de légumes fixateurs d'azote et de graminées hautement productives et/ou à l'apport de fertilisants, ce qui augmente la production de biomasse et les puits de carbone dans les sols. Cette pratique a un potentiel particulièrement intéressant dans les zones tropicales et arides, qui sont souvent limitées en ce qui concerne l'azote et les autres éléments nutritifs. On prévoit une augmentation de la production agricole, ainsi qu'un appauvrissement de la biodiversité dans les écosystèmes des prairies indigènes. L'augmentation des cultures de légumes accélèrera probablement l'acidification dans les pâturages tropicaux et tempérés, en raison de l'accroissement du lessivage des nitrates et de la productivité accrue, et pourra avoir pour effet une augmentation des émissions de N₂O par les pâturages indigènes. Une optimisation des taux d'application de fertilisants pourrait réduire ces risques, ainsi que les incidences extérieures au site du lessivage des éléments nutritifs et de la pollution des voies d'eau et des nappes phréatiques.

[RSUTCATF Fiche d'information 4.8]

La gestion des feux dans les prairies fait appel au changement des régimes de brûlage pour modifier les réserves de carbone dans le paysage. La réduction de la fréquence ou la prévention des feux tendent à augmenter la biomasse moyenne des sols et les niveaux de carbone des déchets, ainsi que la densité des espèces ligneuses dans de nombreux paysages. Dans nombre d'écosystèmes, les espèces de faune et de flore sont dépendantes du feu, et, par conséquent, la réduction des feux par les pratiques de gestion des feux risque d'entraîner la disparition ou la réduction des espèces locales. [RSUTCATF Fiche d'information 4.9]

aquifères salins ou dans les profondeurs océaniques. Les fuites de CO₂, la dissolution des roches hôtes, la stérilisation des ressources minérales, et les effets sur les nappes phréatiques sont les principaux problèmes environnementaux associés aux aquifères salins. Les effets environnementaux du stockage du CO₂ dans les océans (effets sur la vie marine, etc.) sont insuffisamment documentés. Les premières études indiquent que les perturbations écologiques seraient limitées à la zone d'émission. [GTIII TRE Section 3.8.4.4 et GTII DRE Section 19.2.3.3]

7.4. Incidences possibles de l'augmentation du stockage biologique par les océans

Les écosystèmes marins peuvent contribuer à l'atténuation en stockant le CO₂ atmosphérique, mais les possibilités et les conséquences pour la diversité biologique sont encore mal comprises. Les apports expérimentaux de fer dans les régions riches en éléments nutritifs mais pauvres en fer des océans (Océan austral, par exemple) ont provoqué des floraisons de phytoplancton et augmenté l'absorption de CO₂ dans les eaux superficielles pendant une semaine environ. Les conséquences d'apports de fer plus importants et plus longs restent incertaines. À ce propos, il existe certaines inquiétudes au sujet des incidences sur les diverses espèces d'algues, sur les concentrations de sulfide diméthylé dans les eaux de surface, et le risque de création de régions anoxiques dans les eaux profondes — incidences qui peuvent toutes nuire à la biodiversité. [GTIII TRE Section 4.7]

8. Mesures d'adaptation et diversité biologique

Les changements climatiques, tout comme leurs effets sur les

écosystèmes et la diversité biologique, sont une réalité. Par conséquent, les options d'atténuation (voir Section 7) ne peuvent à elles seules suffire pour prévenir les incidences des changements climatiques. Des mesures d'adaptation (projets et politiques) conçues spécifiquement pour diminuer ces incidences doivent donc être envisagées de concert avec les mesures d'atténuation. Les mesures d'adaptation peuvent être mises en œuvre dans les écosystèmes à gestion intensive et non intensive, et peuvent avoir des effets bénéfiques ou néfastes sur la biodiversité.

Indépendamment des changements climatiques, des plans de conservation et d'utilisation durable pour les écosystèmes et la diversité biologique (y compris des plans pour des zones extérieures aux réserves officielles) sont mis en œuvre dans de nombreuses régions de la planète. Ces plans peuvent ne pas avoir tenu compte des changements climatiques actuels et prévus et devront peut-être le faire.

L'action entreprise en faveur de la conservation de la biodiversité et de l'utilisation durable des écosystèmes pourrait aussi influencer sur le rythme et l'ampleur des changements climatiques prévus.

8.1. Options d'adaptation pour atténuer les incidences des changements climatiques sur les écosystèmes et la diversité biologique

Un grand nombre de mesures d'adaptation mentionnées dans les rapports du GIEC sont très génériques, comme l'indique la présente section. Malheureusement, les incidences de ces options d'adaptation sont rarement étudiées. Pour certains écosystèmes (récifs coralliens et zones à latitude et/ou altitude élevée, etc.) les

options d'adaptation sont limitées en raison de leur sensibilité et/ou exposition aux changements climatiques. Pour certains de ces systèmes, tels que les récifs coralliens, les options d'adaptation peuvent inclure la limitation des autres contraintes (pollution et ruissellements sédimenteux). La conservation de la diversité biologique est un objectif clé dans les zones protégées. Cependant, les options d'adaptation peuvent aussi être utiles à l'extérieur de ces zones. Des systèmes de surveillance appropriés peuvent contribuer à déterminer les tendances potentielles de la biodiversité et à planifier une gestion adaptative. [GTII TRE Section 14.2.1.5]

Lors de la planification de la conservation, on devra peut-être admettre l'impossibilité de la conservation de certains génotypes, certaines espèces et certains écosystèmes dans une zone ou région particulière en raison des changements climatiques, et par conséquent, l'action menée devra plutôt privilégier des mesures visant à renforcer la résistance de la biodiversité face aux futurs changements climatiques, notamment :

- **Réseaux de réserves dotées de couloirs interconnectés constituant des voies de dispersion et de migration pour la faune et la flore.** Le choix de l'emplacement et la gestion des réserves (dont des réserves marines et côtières) et des zones protégées devront tenir compte des changements climatiques potentiels afin d'assurer la poursuite du fonctionnement optimal du système de réserves. Les options incluent des couloirs ou des matrices d'habitats, reliant des réserves et des paysages fragmentés et permettant la migration. [GTII TRE Section 5.4.4]
- **D'autres opportunités au niveau de la conception peuvent renforcer la résistance des réserves naturelles.** Ces mesures incluent la préservation de la végétation naturelle le long des gradients environnementaux (gradients de latitude et d'altitude, gradients d'humidité des sols, etc.), la création de zones de transition autour des réserves, la limitation de la fragmentation des habitats et de la construction des routes, et la conservation de la diversité génétique au sein et entre les populations d'espèces indigènes. La protection de grands « points chauds » au plan de la biodiversité pourrait réduire de moitié le taux d'extinction actuel et prévu, mais cette protection est menacée par les changements climatiques. Les écotones servent de zones de réserve pour la diversité génétique, et, par conséquent, l'amélioration de la conservation de la biodiversité dans ces régions est une mesure d'adaptation. [GTII TRE Section 19.3]
- **La reproduction des animaux en captivité, la conservation des plantes à l'extérieur des sites, et les programmes de translocation peuvent contribuer à l'augmentation ou au rétablissement de certaines espèces menacées ou vulnérables.** Utilisées en conjonction avec la restauration des habitats, la reproduction en captivité et la translocation peuvent prévenir la disparition d'un petit nombre de taxa clé face à des changements climatiques faibles ou moyens. La reproduction en captivité en vue de la réintroduction ou de la translocation sera probablement plus problématique en cas de changements climatiques plus marqués, car ces changements risquent d'entraîner des modifications à grande échelle des conditions environnementales, y compris la disparition ou la modification profonde des habitats existants sur une partie ou sur la totalité de l'aire de répartition des espèces. De plus, ce type de reproduction est techniquement difficile, souvent coûteux, et risque d'échouer en raison de l'insuffisance des connaissances au sujet de la biologie et du comportement de base des espèces. [GTII TRE Section 5.4.4]

- **Certains services de contrôle naturel des parasites, pollinisation et dissémination des graines fournis par les animaux sauvages peuvent être remplacés, mais les solutions de remplacement risquent d'être coûteuses.** Il existe un grand nombre d'exemples d'introduction d'espèces en vue de fournir des services au sein des écosystèmes, tels que la stabilisation des sols, la pollinisation ou le contrôle des parasites. La disparition des espèces fournissant un contrôle biologique naturel pourrait aussi être compensée par l'emploi de pesticides et herbicides. Même si ce remplacement peut s'avérer techniquement possible, il peut aussi être coûteux et engendrer d'autres problèmes. L'introduction d'un pollinisateur ou d'une espèce pour le contrôle des parasites, par exemple, peut produire un parasite, et l'usage de pesticides peut polluer les sols ou l'eau. Dans d'autres cas, comme le cyclage biogéochimique, il sera très difficile de remplacer ces services. [GTII TRE Sections 5.4.4 et 5.7, et GTII DRE Section 25.4]

8.2. Conséquences des mesures d'adaptation sur les écosystèmes et la diversité biologique

Certaines mesures d'adaptation aux changements climatiques pourraient avoir des effets bénéfiques ou néfastes sur la biodiversité, et ces effets seront variables selon les régions. Un certain nombre d'options d'adaptation pourraient être efficaces mais pourraient également influencer sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité. Elles pourraient également menacer la biodiversité, directement (la destruction des habitats, etc.) ou indirectement (introduction de nouvelles espèces ou de nouvelles méthodes de gestion, etc.). Un grand nombre de mesures d'adaptation peuvent être fournies par une gestion intégrée des terres et de l'eau. Quelques exemples de mesures d'adaptation et de leurs incidences potentielles sur la biodiversité figurent ci-dessous :

- **Des options de gestion intégrée des terres et de l'eau (ou gestion des paysages),** incluant la suppression des distorsions liées aux politiques, sources d'appauvrissement ou d'une utilisation non durable de la biodiversité; le développement et l'établissement d'une méthodologie permettant l'examen des interactions entre la satisfaction des besoins humains, la conservation et les objectifs de conservation et d'utilisation durable; l'établissement de programmes de gestion des terres étendus; les plantations pour lutter contre la dégradation des terres et de l'eau; le contrôle des espèces invasives; la culture de certaines espèces comestibles sauvages et d'espèces médicinales, qui préserverait également une partie de la variabilité génétique des espèces endémiques; et des programmes de surveillance faisant appel à la participation des communautés locales pour vérifier que les espèces parasitaires et invasives n'ont pas migré, que les fonctions et processus des écosystèmes n'ont pas disparu ou subi des effets négatifs, et que les animaux disposent de voies de migration appropriées pour faire face aux changements des zones climatiques. [GTII TRE Sections 4.4.2, 4.6.2, 5.4.4, 5.5.4, 5.6.4, 6.5.1, 10.2.1.5, 11.3, 12.4.8, 12.5.10, 12.8, 14.1.3.1, 14.2.1.5, 15.3, 16.3.2, et 17.3, GTII TRE Figure 5–1, et DDS Q7.8 et Q8.4]
- **Une approche intégrée de la gestion des pêcheries côtières, y compris l'introduction de l'aquaculture et de la mariculture, pourrait diminuer les contraintes sur certaines pêcheries côtières.** Le développement de la mariculture et de l'aquaculture pour répondre aux effets sur les pêcheries côtières est une option d'adaptation à envisager. L'aquaculture et la mariculture réduiraient les

effets sur les autres systèmes côtiers; mais leur mise en œuvre ne sera optimale que si elle a lieu dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des côtes en réponse aux changements climatiques. Dans certains cas, cependant, la mariculture et l'aquaculture ont eu des effets néfastes sur la biodiversité locale dans les eaux marines peu profondes, les lacs, les rivières et pour les peuplements humains qui en dépendent. [GTII TRE Section 6.6.4 et GTII DRE Section 16.1]

- **Des approches intégrées visant à améliorer simultanément l'agriculture durable et le développement rural pourraient améliorer la résistance de la biodiversité aux changements climatiques.** Parmi les mesures d'utilisation des terres spécifiques, destinées à développer une agriculture durable, on peut citer une gestion appropriée des systèmes de production agricole; l'amélioration des modifications des cultures, avec des périodes de jachère suffisantes; une diversification des systèmes de culture; la préservation d'une couverture végétale continue; la régénération des éléments nutritifs; et des systèmes d'agroforesterie fondés sur l'association de plantes ligneuses, de graminées et de cultures agricoles. Ces activités pourraient avoir un grand nombre de bénéfices agronomiques, environnementaux et socio-économiques, pourraient diminuer les émissions de gaz à effet de serre, et conserver la biodiversité. [GTIII TRE RID, RSUTCATF Section 2.5, et RSUTCATF Fiche d'information 4.11]
- **La question du déplacement des espèces à des fins d'adaptation en réponse aux changements climatiques est entachée d'incertitude scientifique.** Il convient de prêter particulièrement attention aux disperseurs peu efficaces, aux spécialistes, aux espèces à faibles populations, aux espèces endémiques à aires de répartition limitées, aux populations périphérales, aux espèces génétiquement appauvries ou à celles ayant des fonctions importantes pour les écosystèmes. Ces espèces peuvent bénéficier d'une aide temporaire, telle que la création de voies de migrations naturelles (création de réserves orientées nord-sud, etc.) mais un grand nombre d'entre elles nécessiteront éventuellement une migration assistée pour lutter contre le déplacement rapide de leurs habitats face à l'évolution climatique. Il est difficile de prévoir les effets des organismes invasifs et il faut s'attendre à de nombreuses surprises. Pour les systèmes aquatiques, certains experts affirment que la gestion des espèces non indigènes augmente l'instabilité des communautés de poissons, crée des problèmes de gestion de poissons, et donne lieu à un grand nombre de conséquences imprévues. L'introduction d'un nouveau biote venant s'ajouter à un biote régional lui-même de plus en plus affecté par le réchauffement climatique sera probablement une option d'adaptation controversée. [GTII TRE Section 5.7.4 et GTII DRE Section 1.3.7]
- **L'augmentation de l'utilisation des pesticides et herbicides en réponse aux nouvelles espèces parasitaires pourra endommager les communautés de faune et de flore, la qualité de l'eau et la santé humaine.** Les changements climatiques risquent d'affecter un grand nombre de ces systèmes en séparant les prédateurs de leurs proies et les parasites de leurs hôtes. En Amérique du Nord, des études prévoient des réductions de l'ampleur de la répartition et de la taille de certaines espèces qui se nourrissent de parasites dans les forêts, prairies et écosystèmes agricoles. Les réponses humaines à l'évolution climatique peuvent aussi contribuer synergiquement aux contraintes qui s'exercent actuellement. Par exemple, si on augmente l'utilisation des pesticides pour lutter contre les nouvelles infestations parasitaires, les espèces non visées devront

peut-être lutter contre des contraintes imputables au climat et aux contaminants. En outre, des espèces non visées pourraient inclure des prédateurs naturels d'autres parasites, ce qui créerait de nouveaux problèmes. [GTII TRE Sections 5.4.2, 5.4.3.3, et 5.4.4]

- **Une demande accrue en matière d'utilisation de l'eau en raison des changements prévus des conditions socio-économiques et du réchauffement, et aggravée par une baisse des précipitations dans certaines régions, devrait augmenter les coûts d'opportunité de l'eau et réduire peut-être la disponibilité de l'eau pour les animaux sauvages et les écosystèmes à gestion non intensive.** Cependant, dans nombre de régions, une stratégie d'adaptation aux changements d'origine climatique et relative aux besoins d'eau consiste à améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'eau, bien que sa mise en œuvre soit difficile. [GTII TRE Section 5.3.4]
- **Des obstacles physiques construits dans le cadre de mesures d'adaptation pour faire face à la variabilité climatique actuelle (ondes de tempêtes, inondations, etc.) peuvent appauvrir la biodiversité locale et entraîner des adaptations inefficaces aux futurs changements climatiques.** Dans certains cas, on risque de détruire des petites îles pour obtenir des matériaux de construction pour la protection côtière. Certaines options d'adaptation incluent l'amélioration et la préservation des protections naturelles (replantation des mangroves et protection des récifs coralliens, etc.), l'utilisation d'options plus douces, telles que les apports artificiels de sable sur les plages, et l'élévation des sols dans les villages côtiers. L'implantation stratégique de zones humides artificielles est un exemple caractéristique de cette meilleure protection. D'autres options incluent l'application de mesures de «précaution», telles que l'alignement obligatoire des constructions, la réglementation de l'utilisation des terres, des codes de construction, ou une couverture d'assurance, ainsi que des réponses appropriées classiques (construction sur pilotis et utilisation de matériaux de construction indigènes facilement disponibles, etc.), qui, par le passé, se sont avérées être efficaces dans nombre de régions. [GTII TRE Sections 17.2.3 et 17.2.8]

8.3. Synergies entre la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique et les changements climatiques

Des activités entreprises en vue de la conservation et de l'utilisation durable de la diversité biologique pour des raisons autres que des raisons d'ordre climatiques pourraient influencer généralement positivement sur l'importance ou le rythme de l'évolution climatique et la capacité d'adaptation des communautés humaines.

Quelques exemples de ces activités figurent ci-dessous :

- **Des zones affectées à la conservation de la biodiversité représentent des zones de stockage de carbone à long terme.** En général, des écosystèmes relativement mûrs sont préférables pour la conservation, et leur gestion vise à limiter le risque de perturbations, ce qui limite également les activités humaines susceptibles de libérer le carbone stocké. Ces réserves de conservation constituent une forme de prévention du déboisement ou de la dévégétation. [RSUTCATF Sections 2.3.1 et 2.5.1]
- **La conservation de la diversité biologique conduit à la protection d'une réserve génétique plus importante qui peut donner naissance à de nouveaux génotypes d'espèces domestiques et sauvages adaptées à de nouvelles conditions climatiques et environnementales.** Les

réserves de conservation peuvent contribuer à la préservation d'une réserve génétique variée, mais la contribution des espèces indigènes vivant sur les terres agricoles ou les pâturages peut être aussi importante. [GTII TRE Sections 5.3.3, 6.3.7, 14.2.1, et 19.3.3]

- **La préservation de la diversité biologique nécessite des régimes de perturbations naturels, alors que la gestion en vue d'un stockage maximum du carbone tend à prévenir les perturbations.** La poursuite de la dynamique des écosystèmes naturels est nécessaire pour préserver le plus large éventail possible d'écosystèmes. Il peut donc y avoir perturbation de certains écosystèmes à haute teneur en carbone, qui libère du carbone dans l'atmosphère. De même, on doit conserver les écosystèmes à faible teneur en carbone. D'un autre côté, un piégeage maximum du carbone nécessiterait des plantations d'espèces à croissance rapide ou l'élimination de perturbations telles que les feux. Par conséquent, la conservation ou l'utilisation durable de la biodiversité est souvent en conflit avec des objectifs de stockage de carbone sur une même zone terrestre. [RSUTCATF Section 2.5.1]

9. Approches possibles pour l'évaluation des incidences des mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques sur la diversité biologique et d'autres aspects du développement durable

Il existe des synergies et des interactions potentielles entre les mesures d'adaptation et d'atténuation des changements climatiques (projets et politiques) et les objectifs de conservation et d'utilisation durable de la Convention sur la diversité biologique, ainsi que d'autres aspects du développement durable. Certains facteurs critiques influent sur les contributions au développement durable de mesures d'atténuation et d'adaptation, notamment la capacité institutionnelle et technique de développement et de mise en œuvre des directives et des procédures ; l'étendue et l'efficacité de la participation des communautés locales au développement, à la mise en œuvre et à la répartition des bénéfices ; et le transfert et l'adoption de technologies. Des évaluations des incidences au niveau des projets, des secteurs, des régions et des sociétés, déjà effectuées dans plusieurs pays, peuvent être adaptées pour évaluer les effets des mesures d'atténuation et d'adaptation sur la biodiversité et d'autres aspects du développement durable. [GTIII TRE RID, RSUTCATF RID para. 90, et RSUTCATF Sections 2.5 et 5.6.4]

Les incidences environnementales et socio-économiques des mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques peuvent être évaluées au moyen d'évaluations des effets environnementaux et sociaux au niveau des projets et des stratégies (sectorielles et régionales). Grâce à des évaluations exemplaires des incidences environnementales et sociales, qui incluent des processus participatifs, les décideurs disposent d'options quant aux risques environnementaux et sociétaux et aux incidences d'un changement de projet ou de politique, et peuvent envisager des alternatives et des mesures d'atténuation. Les méthodologies d'évaluation existantes, qui devront peut-être être adaptées pour évaluer la totalité des mesures d'adaptation et d'atténuation face à l'évolution climatique, peuvent inclure des inquiétudes à propos de la biodiversité et d'autres aspects du développement durable, y compris l'emploi, la santé humaine, la pauvreté et l'équité. [RSUTCATF Section 2.5]

Il existe un large éventail de cadres de décisions analytiques permettant d'évaluer les mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques, mais ceux-ci sont rarement utilisés. L'ensemble de cadres de décisions analytiques inclut l'analyse décisionnelle, l'analyse des coûts-bénéfices, l'analyse de la

rentabilité, et la simulation. Certaines fonctions (prise de décisions séquentielle et couverture, etc.), des versions spécifiques (analyse multi-critères), des applications distinctes (évaluation des risques), ou des composants fondamentaux (théorie utilitaire multi-attributs) de l'analyse décisionnelle sont tous issus du même cadre de travail théorique. L'analyse décisionnelle, qui peut être particulièrement intéressante pour les évaluations de l'adaptation sectorielle et régionale, peut être effectuée avec un seul ou plusieurs critères, avec une théorie utilitaire multi-attributs qui fournit la base conceptuelle. L'analyse décisionnelle — adaptée à la gestion des risques technologiques, sociaux ou environnementaux — fait partie de l'évaluation des risques. [GTII TRE Section 1.1 et GTIII TRE Section 2.5]

Des critères et des indicateurs en accord avec des objectifs nationaux de développement durable pourraient être développés et utilisés pour évaluer et comparer les incidences des mesures d'adaptation et d'atténuation sur la diversité biologique et d'autres aspects du développement durable. Un ensemble d'indicateurs idéal pourrait avoir un grand nombre des caractéristiques générales d'un système de comptabilité idéal : transparence, cohérence, comparabilité, caractère complet, et exactitude. Bien qu'il n'existe pas encore d'ensemble d'indicateurs ayant ces caractéristiques pour des politiques et des mesures utilisables pour l'adaptation ou l'atténuation des changements climatiques, plusieurs méthodes sont en cours de développement pour des objectifs connexes, et pourraient être utilisées par les pays pour évaluer les implications des mesures d'adaptation et d'atténuation sur la biodiversité et d'autres aspects du développement durable. [RSUTCATF Section 2.5]. Quelques exemples de ces méthodes figurent ci-dessous :

- **Compatibilité avec des principes et des indicateurs de développement durable reconnus internationalement et cohérence par rapport à des buts et objectifs de développement durable définis nationalement et/ou de développement national.** Les gouvernements peuvent souhaiter s'assurer que les mesures d'adaptation et d'atténuation aux changements climatiques sont cohérentes par rapport à des objectifs de durabilité nationaux et renforcent ces objectifs. Le large éventail d'indicateurs nationaux développés sous la coordination de la Commission des Nations unies pour le développement durable (CNUDD) pourra être utile aux gouvernements qui souhaitent développer des indicateurs pour évaluer cette cohérence. La CNUDD a développé des indicateurs sociaux, économiques et environnementaux dans un cadre d'analyse « Force motrice–État–Réponse » chacun avec une méthodologie utilisable au niveau national à la condition que les pays choisissent parmi les indicateurs ceux qui sont pertinents à leurs priorités, objectifs et buts nationaux pour plusieurs domaines de programmes, y compris ceux particulièrement pertinents pour les politiques et mesures du RSUTCATF et la biodiversité (lutte contre le déboisement, etc.), gestion des écosystèmes fragiles, lutte contre la désertification et la sécheresse, et conservation de la biodiversité. L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a développé un ensemble de base d'indicateurs de performance — fondés sur la pertinence politique, la solidité analytique, et la mesurabilité — pour un certain nombre de problèmes, tels que les ressources forestières, la dégradation des sols, et la diversité biologique, utilisant un modèle de type « pression–état–réponse ». L'Union européenne (UE) développe également un ensemble d'indicateurs pour les activités humaines influant sur l'environnement pour des domaines incluant les changements climatiques, l'appauvrissement de la biodiversité et des ressources. Une question clé concerne le

- degré d'adaptation et de mise en œuvre possible des ensembles d'indicateurs de la CNUDD, de l'OCDE ou de l'UE pour évaluer les implications des mesures d'adaptation et d'atténuation.
- **Cohérence par rapport à des critères et indicateurs internationalement reconnus pour la gestion durable des forêts et l'agriculture.** Plusieurs initiatives intergouvernementales ont été entreprises pour le développement de critères et d'indicateurs pour une foresterie durable (Processus d'Helsinki, Montréal, Tarapota, et de l'Organisation internationale des bois tropicaux, etc.) et l'agriculture (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, etc.). Ces critères et indicateurs doivent être adaptés et développés afin de renforcer leur utilité au niveau local et en ce qui concerne les méthodes de gestion en foresterie et agriculture dans diverses régions. En général, ces critères et indicateurs sont à présent étendus au-delà d'un objectif restreint concernant la production de bois d'œuvre, d'autres produits forestiers commerciaux, les aliments et le fourrage, afin d'inclure des dimensions écologiques et sociales de la durabilité telles que: (i) la conservation de la diversité biologique, (ii) la préservation de la santé et vitalité des écosystèmes forestiers, (iii) la préservation de la contribution des forêts, pâturages et terres agricoles aux cycles de carbone mondiaux, (iv) les déplacements des systèmes de culture et agropastoraux, (v) la gestion intégrée du sol et de l'eau, et (vi) la préservation et amélioration des bénéfices socio-économiques à long terme des forêts et terres agricoles afin de répondre aux besoins sociétaux.

La capacité des pays à mettre en œuvre des mesures d'adaptation et d'atténuation peut être renforcée lorsque les politiques climatiques sont intégrées à des politiques de développement nationales qui incluent des dimensions économiques, sociales et environnementales. Les liens entre les questions environnementales locales, régionales et mondiales (y compris la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité) et leur contribution à la satisfaction des besoins humains offrent des possibilités d'exploitation des synergies par le développement d'options de réponse et la réduction de la vulnérabilité aux changements climatiques, bien qu'il puisse y avoir des interactions entre les questions. La mise en œuvre réussie des options d'atténuation et d'adaptation à propos des gaz à effet de serre devra surmonter des obstacles techniques, économiques, politiques, culturels, sociaux, comportementaux et/ou institutionnels. [DDS RID et DDS Q7 et Q8]

10. Lacunes identifiées en matière d'information et d'évaluations

Ces catégories sont situées dans le contexte des incidences, et options d'atténuation et d'adaptation concernant les changements climatiques et la biodiversité et les rétroactions sur les changements climatiques.

Pour répondre à la question — Quelles sont les incidences des changements climatiques sur la biodiversité et les effets des changements de la biodiversité sur les changements climatiques ? :

- Amélioration des modèles climatiques à l'échelle régionale associés à des modèles d'écosystèmes transitoires qui examinent les diverses pressions avec une résolution spa-

tiale et temporelle appropriée, et qui incluent les interactions spatiales entre les écosystèmes des paysages.

- Développement de systèmes de surveillance, utilisant plusieurs taxa, pour contribuer à la détection des changements dans les écosystèmes et leur biodiversité, et attribution de ces changements à l'évolution climatique. Une surveillance dans les zones protégées, où l'influence des pressions non climatiques est négligeable, pourrait être particulièrement utile.
- Amélioration de la compréhension des liens entre la biodiversité, la structure et la fonction des écosystèmes, et la dispersion et/ou la migration dans des paysages fragmentés.
- Évaluation de toute la littérature pertinente afin d'étudier les changements climatiques et la biodiversité, et d'autres pressions.
- Développement de scénarios régionaux détaillés et fiables des changements climatiques et utilisation de ces scénarios pour des analyses de vulnérabilité rigoureuses.

Pour répondre à la question — Quelles sont les incidences des mesures d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques sur la biodiversité ? :

- Évaluation d'études de cas (pour acquérir l'expérience nécessaire) traitant de projet d'atténuation (y compris dans les environnements marins et des projets de piégeage du carbone) et d'adaptation sur la biodiversité.
- Évaluation des incidences de la conservation et de l'utilisation durable de la biodiversité sur les changements climatiques.
- Développement de connaissances de base et de politiques au sujet des incidences possibles des mesures de conservation et d'utilisation durable sur les changements climatiques (locaux, régionaux, et peut-être mondiaux).

Pour répondre à la question — Comment le potentiel pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité peut-il contribuer à des mesures d'adaptation aux changements climatiques ? :

- Identification de mesures et de politiques pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité qui auraient des effets bénéfiques sur les options d'adaptation et d'atténuation.

Pour développer des outils, indicateurs et méthodes :

- Adaptation d'outils d'évaluation environnementale et socioéconomique au niveau des projets, secteurs et régions et poursuite du développement d'un ensemble de critères et d'indicateurs pour évaluer (quantitativement et qualitativement) les synergies et interactions entre les options d'atténuation et d'adaptation aux changements climatiques et le développement durable.

Remerciements

Nous remercions An van den Borre et Xuehong Wang pour leur aide en ce qui concerne les documents récents, Sandy MacCracken pour la logistique des différentes études, et tous les auteurs du GIEC, leurs familles, et les institutions qui ont permis l'élaboration du présent document.

Annexe A

LISTE DES PUBLICATIONS CONCERNANT LA BIODIVERSITÉ ET LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES PUBLIÉES DEPUIS 1999–2000

Les publications de 1999/2000 sont répertoriées seulement si elles n'ont pas été évaluées dans le TRE, dont certaines études régionales. Certaines références antérieures à 1999 ont été ajoutées suite à des recommandations des représentants gouvernementaux et des experts. (*Ouvrages en français.)

- Abrams, M.F., C.S. Copenheaver, B.S. Black, et S. van de Gevel, 2001:** Dendroecology and climatic impacts for a relict, old-growth, bog forest in the Ridge and Valley Province of central Pennsylvania, USA. *Canadian Journal of Botany*, **79**, 58–69.
- Abril, A. et E.H. Bucher, 2001:** Overgrazing and soil carbon dynamics in the western Chaco of Argentina. *Applied Soil Ecology*, **16**, 243–249.
- Abu-Asab, M.S., P.M. Peterson, S.G. Shetler, et S.S. Ori, 2001:** Earlier plant flowering in spring as a response to global warming in the Washington, DC, area. *Biodiversity and Conservation*, **10**, 597–612.
- Adams, G.A. et D.H. Wall, 2000:** Biodiversity above and below the surface of soils and sediments: Linkages and implications for global change. *Bioscience*, **50**, 1043–1048.
- Adams, S.B., C.A. Frissell, et B.E. Rieman, 2001:** Geography of invasion in mountain streams: Consequences of headwater lake fish introductions. *Ecosystems*, **4**, 296–307.
- Aguirre, J., R. Riding, et J.C. Braga, 2000:** Diversity of coralline red algae: origination and extinction patterns from the Early Cretaceous to the Pleistocene. *Paleobiology*, **26**, 651–667.
- Alexandrov, V.A. et G. Hoogenboom, 2001:** Climate variation and crop production in Georgia, USA, during the twentieth century. *Climate Research*, **17**, 33–43.
- Ambrogi, A.O., 2001:** Transfer of marine organisms: a challenge to the conservation of coastal biocoenoses. *Aquatic Conservation : Marine & Freshwater Ecosystems*, **11**, 243–251.
- Amiro, B.D., B.J. Stocks, M.E. Alexander, M.D. Flannigan, et B.M. Wotton, 2001:** Fire, climate change, carbon and fuel management in the Canadian boreal forest. *International Journal of Wildland Fire*, **10**, 405–413.
- Amiro, B.D., J.B. Todd, B.M. Wotton, K.A. Logan, M.D. Flannigan, B.J. Stocks, J.A. Mason, D.L. Martell, et K.G. Hirsch, 2001:** Direct carbon emissions from Canadian forest fires, 1959–1999. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 512–525.
- Amundson, R., 2001:** The carbon budget in soils [Compte rendu]. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, **29**, 535–562.
- Anderson, S., R. Zepp, J. Machula, D. Santavy, L. Hansen, et E. Mueller, 2001:** Indicators of UV exposure in corals and their relevance to global climate change and coral bleaching. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1271–1282.
- Andersson, E., C. Nilsson, et M.E. Johansson, 2000:** Plant dispersal in boreal rivers and its relation to the diversity of riparian flora. *Journal of Biogeography*, **27**, 1095–1106.
- Anshari, G., A.P. Kershaw, et S. van der Kaars, 2001:** A Late Pleistocene and Holocene pollen and charcoal record from peat swamp forest, Lake Sentarum Wildlife Reserve, West Kalimantan, Indonesia. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **171**, 213–228.
- Archer, S., T.W. Boutton, et K.A. Hibbard, 2001:** Trees in grasslands—Various geochemical consequences of woody plant expansion. In: *Global biogeochemical cycles in the climate system* [Schulze, E.-D., S.P. Harrison, M. Heimann, E.A. Holland, J. Lloyds, I.C. Prentice et D. Schimel (eds.)]. Academic Press, San Diego, 115–137.
- Arimoto, R., 2001:** Eolian dust and climate: relationships to sources, tropospheric chemistry, transport and deposition. *Earth-Science Reviews*, **54**, 29–42.
- Aurela, M., T. Laurila, et J.P. Tuovinen, 2001:** Seasonal CO₂ balances of a subarctic mire. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**, 1623–1637.
- Ayres, M.P. et M.J. Lombardero, 2000:** Assessing the consequences of global change for forest disturbance from herbivores and pathogens [Compte rendu]. *Science of the Total Environment*, **262**, 263–286.
- Bachelet, D., R.P. Neilson, J.M. Lenihan, et R.J. Drapek, 2001:** Climate change effects on vegetation distribution and carbon budget in the United States. *Ecosystems*, **4**, 164–185.
- Badeck, F.W., H. Lischke, H. Bugmann, T. Hickler, K. Honninger, P. Lasch, M.J. Lexer, F. Mouillot, J. Schaber, et B. Smith, 2001:** Tree species composition in European pristine forests: Comparison of stand data to model predictions. *Climatic Change*, **51**, 307–347.
- Baker, L.A., D. Hope, Y. Xu, J. Edmonds, et L. Lauer, 2001:** Nitrogen balance for the central Arizona-Phoenix (CAP) ecosystem. *Ecosystems*, **4**, 582–602.
- Baldwin, V.C., H.E. Burkhart, J.A. Westfall, et K.D. Peterson, 2001:** Linking growth and yield and process models to estimate impact of environmental changes on growth of loblolly pine. *Forest Science*, **47**, 77–82.
- Bardgett, R.D., J.M. Anderson, V. Behan-Pelletier, L. Brussaard, D.C. Coleman, C. Ettema, A. Moldenke, J.P. Schimel, et D.H. Wall, 2001:** The influence of soil biodiversity on hydrological pathways and the transfer of materials between terrestrial and aquatic ecosystems. *Ecosystems*, **4**, 421–429.
- Barendse, J. et S.L. Chown, 2001:** Abundance and seasonality of mid-altitude fellfield arthropods from Marion Island. *Polar Biology*, **24**, 73–82.
- Barker, P.A., F.A. Street-Perrott, M.J. Leng, P.B. Greenwood, D.L. Swain, R.A. Perrott, R.J. Telford, et K.J. Ficken, 2001:** A 14,000-year oxygen isotope record from diatom silica in two alpine lakes on Mt. Kenya. *Science*, **292**, 2307–2310.
- Batjes, N.H., 2001:** Options for increasing carbon sequestration in West African soils: An exploratory study with special focus on Senegal. *Land Degradation & Development*, **12**, 131–142.
- Bawa, K.S. et S. Dayanandan, 1998:** Global climate change and tropical forest genetic resources. *Climatic Change*, **39**, 473–485.
- Bazzaz, F.A., 1998:** Tropical forests in a future climate—Changes in biological diversity and impact on the global carbon cycle. *Climatic Change*, **39**, 317–336.
- Beerling, D.J., 1999:** Long-term responses of boreal vegetation to global change: an experimental and modelling investigation. *Global Change Biology*, **5**, 55–74.
- Beget, J.E., 2001:** Continuous Late Quaternary proxy climate records from loess in Beringia. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 499–507.
- Behling, H., G. Keim, G. Irion, W. Junk, et J.N. de Mello, 2001:** Holocene environmental changes in the Central Amazon Basin inferred from Lago Calado (Brazil). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **173**, 87–101.
- Beilman, D.W., 2001:** Plant community and diversity change due to localized permafrost dynamics in bogs of western Canada. *Canadian Journal of Botany*, **79**, 983–993.
- Bellet-Travers, J. et D.M. Bellett-Travers, 2000:** The predicted effects of climate change on the survival of inner city trees. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land-Forstwirtschaft.*, **370**, 155–161.
- Bellwood, D.R. et T.P. Hughes, 2001:** Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. *Science*, **292**, 1532–1534.
- Bendix, J. et C.R. Hupp, 2000:** Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological Processes*, **14**, 2977–2990.
- Bengtsson, J., S.G. Nilsson, A. Franc, et P. Menozzi, 2000:** Biodiversity, disturbances, ecosystem function and management of European forests. *Forest Ecology & Management*, **132**, 39–50.
- Bennike, O., D. Bolshiyarov, J. Dowdeswell, A. Elverhoi, A. Geirsdottir, S. Hicks, H. Hubberton, O. Ingolfsson, et G. Miller, 2001:** Holocene paleoclimate data from the Arctic: testing models of global climate change. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 1275–1287.
- Bergengren, J.C., S.L. Thompson, D. Pollard, et R.M. DeConto, 2001:** Modeling global climate-vegetation interactions in a doubled CO₂ world. *Climatic Change*, **50**, 31–75.

- Bergeron, Y. et M.D. Flannigan, 1995: Predicting the effects of climate change on fire frequency in the southeastern Canadian boreal forest. *Water, Air, & Soil Pollution*, **82**, 437–444.
- *Bergeron, Y., 1998: Consequences of climate changes on fire frequency and forest composition in the southwestern boreal forest of Quebec. *Geographie Physique et Quaternaire*, **52**, 167–173 (en français).
- Bergeron, Y., S. Gauthier, V. Kafka, P. Lefort, et D. Lesieur, 2001: Natural fire frequency for the eastern Canadian boreal forest: consequences for sustainable forestry. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Berlinger, J., A.H. Lynch, F.S. Chapin, M. Mack, et G.B. Bonan, 2001: The representation of arctic soils in the land surface model: The importance of mosses. *Journal of Climate*, **14**, 3324–3335.
- Berndes, G., C. Azar, T. Kaberger, et D. Abrahamson, 2001: The feasibility of large-scale lignocellulose-based bioenergy production. *Biomass & Bioenergy*, **20**, 371–383.
- Betts, R.A., 2000: Offset of the potential carbon sink from boreal forestation by decreases in surface albedo. *Nature*, **408**, 187–190.
- Bezemer, T.M. et K.J. Knight, 2001: Unpredictable responses of garden snail (*Helix aspersa*) populations to climate change. *Acta Oecologica-International Journal of Ecology*, **22**, 201–208.
- Bianchi, C.N. et C. Morri, 2000: Marine biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, problems and prospects for future research. *Marine Pollution Bulletin*, **40**, 367–376.
- Bindi, M. et F. Maselli, 2001: Extension of crop model outputs over the land surface by the application of statistical and neural network techniques to topographical and satellite data. *Climate Research*, **16**, 237–246.
- Blaney, C.S. et P.M. Kotanen, 2001: The vascular flora of Akimiski Island, Nunavut Territory, Canada. *Canadian Field-Naturalist*, **115**, 88–98.
- Blaschke, L., M. Schulte, A. Raschi, N. Snee, H. Rennenberg, et A. Polle, 2001: Photosynthesis, soluble and structural carbon compounds in two Mediterranean oak species (*Quercus pubescens* and *Q. ilex*) after lifetime growth at naturally elevated CO₂ concentrations. *Plant Biology*, **3**, 288–297.
- Boesch, D.F., R.B. Brinsfield, et R.E. Magnien, 2001: Chesapeake Bay eutrophication: Scientific understanding, ecosystem restoration, and challenges for agriculture. *Journal of Environmental Quality*, **30**, 303–320.
- Bonan, G.B., 2001: Observational evidence for reduction of daily maximum temperature by croplands in the Midwest United States. *Journal of Climate*, **14**, 2430–2442.
- Bonell, M., 1998: Possible impacts of climate variability and change on tropical forest hydrology. *Climatic Change*, **39**, 215–272.
- Bonfils, L., N. de Noblet-Ducoudre, P. Braconnot, et S. Joussaume, 2001: Hot desert albedo and climate change: Mid-Holocene monsoon in North Africa. *Journal of Climate*, **14**, 3724–3737.
- Bonotto, S., 2001: Aspects of pollution on the coastal ecosystems of the Mediterranean Sea. *Aquatic Conservation : Marine & Freshwater Ecosystems*, **11**, 319–323.
- Boone, R.B. et W.B. Krohn, 2000: Partitioning sources of variation in vertebrate species richness. *Journal of Biogeography*, **27**, 457–470.
- Bopp, L., P. Monfray, O. Aumont, J.-L. Dufresne, H. Le Treut, G. Madec, L. Terray, et J.C. Orr, 2001: Potential impact of climate change on marine export production. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 81–99.
- Bos, J.A.A., 2001: Lateglacial and Early Holocene vegetation history of the northern Wetterau and the Amoneburger Basin (Hessen), central-west Germany [Compte rendu]. *Review of Palaeobotany & Palynology*, **115**, 177–212.
- *Bouchard, M., 2001: The complex environmental challenge of the 21st century in Canada: Identification and understanding of the response of the environments facing global climatic changes. *Canadian Geographer*, **45**, 54–70 (en français).
- Bradshaw, R.H.W., B.H. Holmqvist, S.A. Cowling, et M.T. Sykes, 2000: The effects of climate change on the distribution and management of *Picea abies* in southern Scandinavia. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 1992–1998.
- Brenchley, P.J., J.D. Marshall, et C.J. Underwood, 2001: Do all mass extinctions represent an ecological crisis? Evidence from the Late Ordovician. *Geological Journal*, **36**, 329–340.
- Brix, H., B.K. Sorrell, et B. Lorenzen, 2001: Are Phragmites-dominated wetlands a net source or net sink of greenhouse gases? *Aquatic Botany*, **69**, 313–324.
- Brown, S., 1996: Mitigation potential of carbon dioxide emissions by management of forests in Asia. *Ambio*, **25**, 273–278.
- Brown, J.H., S.K.M. Ernest, J.M. Parody, et J.P. Haskell, 2001: Regulation of diversity: maintenance of species richness in changing environments. *Oecologia*, **126**, 321–332.
- Brown, J.H., T.G. Whitham, S.K.M. Ernest, et C.A. Gehring, 2001: Complex species interactions and the dynamics of ecological systems: Long-term experiments [Compte rendu]. *Science*, **293**, 643–650.
- Brown, P.M., M.W. Kaye, L.S. Huckaby, et C.H. Baisan, 2001: Fire history along environmental gradients in the Sacramento Mountains, New Mexico: Influences of local patterns and regional processes. *Ecoscience*, **8**, 115–126.
- Brumbelow, K. et A. Georgakakos, 2001: An assessment of irrigation needs and crop yield for the United States under potential climate changes. *Journal of Geophysical Research-Atmospheres*, **106**, 27383–27405.
- Brush, G.S., 2001: Natural and anthropogenic changes in Chesapeake Bay during the last 1000 years. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1283–1296.
- Brydges, T., 2001: Ecological change and the challenges for monitoring. *Environmental Monitoring and Assessment*, **67**, 89–95.
- Buckland, S.M., K. Thompson, J.G. Hodgson, et J.P. Grime, 2001: Grassland invasions: effects of manipulations of climate and management. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 301–309.
- Budd, A.F., 2000: Diversity and extinction in the Cenozoic history of Caribbean reefs [Compte rendu]. *Coral Reefs*, **19**, 25–35.
- Bugmann, H., 1999: Anthropogenic climate change, succession and forestry. *Schweiz. Z. Forstwesen*, **150**, 275–287 (en allemand).
- Bugmann, H., 2001: A review of forest gap models [Compte rendu]. *Climatic Change*, **51**, 259–305.
- Bugmann, H., J.F. Reynolds, et L.F. Pitelka, 2001: How much physiology is needed in forest gap models for simulating long-term vegetation response to global change? *Climatic Change*, **51**, 249–250.
- Burger, J., 2000: Landscapes, tourism, and conservation. *Science of the Total Environment*, **249**, 39–49.
- Burke, A., 2001: Determining landscape function and ecosystem dynamics: Contribution to ecological restoration in the southern Namib desert. *Ambio*, **30**, 29–36.
- Burkett, V. et J. Kusler, 2000: Climate change: Potential impacts and interactions in wetlands of the United States. *Journal of the American Water Resources Association*, **36**, 313–320.
- Cairns, M.A. et R.A. Meganck, 1994: Carbon sequestration, biological diversity, and sustainable development—Integrated forest management. *Environmental Management*, **18**, 13–22.
- Cairns, D.M., 2001: A comparison of methods for predicting vegetation type. *Plant Ecology*, **156**, 3–18.
- Cameron, G.N. et D. Scheel, 2001: Getting warmer: Effect of global climate change on distribution of rodents in Texas. *Journal of Mammalogy*, **82**, 652–680.
- Camill, P., J.A. Lynch, J.S. Clark, J.B. Adams, et B. Jordan, 2001: Changes in biomass, aboveground net primary production, and peat accumulation following permafrost thaw in the boreal peatlands of Manitoba, Canada. *Ecosystems*, **4**, 461–478.
- Campbell, B.D. et D.M.S. Smith, 2000: A synthesis of recent global change research on pasture and rangeland production: reduced uncertainties and their management implications. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 39–55.
- Cao, M.K., Q.F. Zhang, et H.H. Shugart, 2001: Dynamic responses of African ecosystem carbon cycling to climate change. *Climate Research*, **17**, 183–193.
- Carbone, F. et G. Accordi, 2000: The Indian Ocean coast of Somalia. *Marine Pollution Bulletin*, **41**, 141–159.
- Cardinale, B.J., K. Nelson, et M.A. Palmer, 2000: Linking species diversity to the functioning of ecosystems: on the importance of environmental context. *Oikos*, **91**, 175–183.
- Carey, C., W.R. Heyer, J. Wilkinson, R.A. Alford, J.W. Arntzen, T. Halliday, L. Hungerford, K.R. Lips, E.M. Middleton, S.A. Orchard, et A.S. Rand, 2001: Amphibian declines and environmental change: Use of remote-sensing data to identify environmental correlates [Compte rendu]. *Conservation Biology*, **15**, 903–913.
- Carpentier, C.L., S.A. Vosti, et J. Witcover, 2000: Intensified production systems on western Brazilian Amazon settlement farms: could they save the forest? *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 73–88.
- Carrington, D.P., R.G. Gallimore, et J.E. Kutzbach, 2001: Climate sensitivity to wetlands and wetland vegetation in mid-Holocene North Africa. *Climate Dynamics*, **17**, 151–157.
- Carrion, J.S., M. Munuera, M. Dupre, et A. Andrade, 2001: Abrupt vegetation changes in the Segura Mountains of southern Spain throughout the Holocene. *Journal of Ecology*, **89**, 783–797.

- Carter, M.R.**, 2001: Researching the agroecosystem/environmental interface. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **83**, 3–9.
- Cassel-Gintz, M.** et G. Petschel-Held, 2000: GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of non-sustainable civilisation nature interaction. *Journal of Environmental Management*, **59**, 279–298.
- Castro, R.**, F. Tattenbach, L. Gamez, et N. Olson, 2000: The Costa Rican experience with market instruments to mitigate climate change and conserve biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 75–92.
- Chang, H.J.**, B.M. Evans, et D.R. Easterling, 2001: The effects of climate change on stream flow and nutrient loading. *Journal of the American Water Resources Association*, **37**, 973–985.
- Changnon, S.A.**, J.M. Changnon, et G.D. Hewings, 2001: Losses caused by weather and climate extremes: A national index for the United States. *Physical Geography*, **22**, 1–27.
- Chapin, F.S.**, A.D. McGuire, J. Randerson, R. Pielke, D. Baldocchi, S.E. Hobbie, N. Roulet, W. Eugster, E. Kasischke, E.B. Rastetter, S.A. Zimov, et S.W. Running, 2000: Arctic and boreal ecosystems of western North America as components of the climate system. *Global Change Biology*, **6**, 211–223.
- Chapin, F.S.**, E.S. Zavaleta, V.T. Eviner, R.L. Naylor, P.M. Vitousek, H.L. Reynolds, D.U. Hooper, S. Lavorel, O.E. Sala, S.E. Hobbie, M.C. Mack, et S. Diaz, 2000: Consequences of changing biodiversity [Compte rendu]. *Nature*, **405**, 234–242.
- Chapin, F.S.**, O.E. Sala, et E. Huber-Sannwald, 2001: Global Biodiversity in a changing environment. Ecological Studies, Springer Verlag, 152
- ***Chave, J.**, 2000: Spatio-temporal dynamics of the tropical rain forest [Compte rendu]. *Annales de Physique*, **25** (en français).
- Chen, C.C.** et B.A. McCarl, 2001: An investigation of the relationship between pesticide usage and climate change. *Climatic Change*, **50**, 475–487.
- Chen, C.C.**, B.A. McCarl, et R.M. Adams, 2001: Economic implications of potential ENSO frequency and strength shifts. *Climatic Change*, **49**, 147–159.
- Chen, T.C.**, J.H. Yoon, K.J. St Croix, et E.S. Takle, 2001: Suppressing impacts of the Amazonian deforestation by the global circulation change. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **82**, 2209–2216.
- Chen, X.W.**, 2001: Change of tree diversity on Northeast China Transect (NECT). *Biodiversity & Conservation*, **10**, 1087–1096.
- Chlachula, J.**, 2001: Pleistocene climate change, natural environments and palaeolithic occupation of the upper Yenisei area, south-central Siberia. *Quaternary International*, **80–1**, 101–130.
- Chlachula, J.**, 2001: Pleistocene climate change, natural environments and palaeolithic occupation of the Altai area, west-central Siberia [Compte rendu]. *Quaternary International*, **80–1**, 131–167.
- Chuine, I.**, G. Cambon, et P. Comtois, 2000: Scaling phenology from the local to the regional level: advances from species-specific phenological models. *Global Change Biology*, **6**, 943–952.
- Clark, D.A.**, S. Brown, D.W. Kicklighter, J.Q. Chambers, J.R. Thomlinson, et J. Ni, 2001: Measuring net primary production in forests: Concepts and field methods. *Ecological Applications*, **11**, 356–370.
- Clark, J.S.**, E.C. Grimm, J. Lynch, et P.G. Mueller, 2001: Effects of holocene climate change on the C4 grassland/woodland boundary in the Northern Plains, USA. *Ecology*, **82**, 620–636.
- Clark, J.S.**, M. Lewis, et L. Horvath, 2001: Invasion by extremes: Population spread with variation in dispersal and reproduction. *American Naturalist*, **157**, 537–554.
- Clausnitzer, V.** et R. Kityo, 2001: Altitudinal distribution of rodents (Muridae and Gliridae) on Mt Elgon, Uganda. *Tropical Zoology*, **14**, 95–118.
- Cloern, J.E.**, 2001: Our evolving conceptual model of the coastal eutrophication problem [Compte rendu]. *Marine Ecology—Progress Series*, **210**, 223–253.
- Coakley, S.M.**, H. Scherm, et S. Chakraborty, 1999: Climate change and plant disease management [Compte rendu]. *Annual Review of Phytopathology*, **37**, 399–426.
- Collatz, G.J.**, J.A. Berry, et J.S. Clark, 1998: Effects of climate and atmospheric CO₂ partial pressure on the global distribution of C4 grasses—Present, past, and future. *Oecologia*, **114**, 441–454.
- Collins, L.** et B. Burns, 2001: The dynamics of *Agathis australis*-*Nothofagus truncata* forest in the Hapuakohe Ecological District, Waikato Region, New Zealand. *New Zealand Journal of Botany*, **39**, 423–433.
- Collischonn, W.**, C.E.M. Tucci, et R.T. Clarke, 2001: Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: part of a wider phenomenon of climate change? *Journal of Hydrology*, **245**, 218–238.
- Conde, J.E.**, G. Cuenca, M. Lampo, A. Pieters, et E. Olivares, 2001: Tropical ecology for the 21st. century—Biodiversity, global change and ecosystem restoration. *Interciencia*, **26**, 425–426.
- Conly, F.M.** et G. Van der Kamp, 2001: Monitoring the hydrology of Canadian prairie wetlands to detect the effects of climate change and land use changes. *Environmental Monitoring & Assessment*, **67**, 195–215.
- Cook, J.** et J. Beyea, 2000: Bioenergy in the United States: progress and possibilities. *Biomass & Bioenergy*, **18**, 441–455.
- Cook, E.R.**, J.S. Glitzenstein, P.J. Krusic, et P.A. Harcombe, 2001: Identifying functional groups of trees in west Gulf Coast forests (USA): A tree-ring approach. *Ecological Applications*, **11**, 883–903.
- Coops, N.C.** et R.H. Waring, 2001: Assessing forest growth across southwestern Oregon under a range of current and future global change scenarios using a process model, 3-PG. *Global Change Biology*, **7**, 15–29.
- Copper, P.**, 2001: Reefs during the multiple crises towards the Ordovician-Silurian boundary: Anticosti Island, eastern Canada, and worldwide [Compte rendu]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **38**, 153–171.
- Corser, J.D.**, 2001: Decline of disjunct green salamander (*Aneides aeneus*) populations in the southern Appalachians. *Biological Conservation*, **97**, 119–126.
- Cottingham, K.L.**, B.L. Brown, et J.T. Lennon, 2001: Biodiversity may regulate the temporal variability of ecological systems. *Ecology Letters*, **4**, 72–85.
- Courchesne, F.**, A.G. Roy, P.M. Biron, B. Cote, J. Fyles, et W.H. Hendershot, 2001: Fluctuations of Climatic Conditions, Elemental Cycling and Forest Growth at the Watershed Scale. *Environmental monitoring and Assessment*, **67**, 161–177.
- Couteaux, M.M.**, P. Bottner, J.M. Anderson, B. Berg, T. Bolger, P. Casals, J. Romanya, J.M. Thiery, et V.R. Vallejo, 2001: Decomposition of C-13-labelled standard plant material in a latitudinal transect of European coniferous forests: Differential impact of climate on the decomposition of soil organic matter compartments. *Biogeochemistry*, **54**, 147–170.
- Cowling, S.A.**, 2001: Plant carbon balance, evolutionary innovation and extinction in land plants. *Global Change Biology*, **7**, 231–239.
- Cowling, S.A.**, M.A. Maslin, et M.T. Sykes, 2001: Paleovegetation simulations of lowland Amazonia and implications for neotropical allopatry and speciation. *Quaternary Research*, **55**, 140–149.
- Cowling, S.A.**, M.T. Sykes, et R.H.W. Bradshaw, 2001: Palaeovegetation-model comparisons, climate change and tree succession in Scandinavia over the past 1500 years. *Journal of Ecology*, **89**, 227–236.
- ***CRAAF**, 1999: Impacts prévisibles des changements climatiques sur les ressources en eau et en sol et sur les activités agri coles : Séance spécialisée du 5 mai 1999. *C. R. Acad. Agr. Fr.*, **85**, 1–64 (en français).
- Crawley, M.J.**, S.L. Brown, M.S. Heard, et G.R. Edwards, 1999: Invasion-resistance in experimental grassland communities: species richness or species identity? *Ecology Letters*, **2**, 140–148.
- Creedy, J.** et A.D. Wurzbacher, 2001: The economic value of a forested catchment with timber, water and carbon sequestration benefits. *Ecological Economics*, **38**, 71–83.
- Crowley, T.J.**, 2000: Causes of climate change over the past 1000 years. *Science*, **289**, 270–277.
- Crumpacker, D.W.**, E.O. Box, et E.D. Hardin, 2001: Implications of climatic warming for conservation of native trees and shrubs in Florida. *Conservation Biology*, **15**, 1008–1020.
- Cullen, L.E.**, J.G. Palmer, R.P. Duncan, et G.H. Stewart, 2001: Climate change and tree-ring relationships of *Nothofagus menziesii* tree-line forests. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1981–1991.
- Currie, D.J.**, 2001: Projected effects of climate change on patterns of vertebrate and tree species richness in the conterminous United States. *Ecosystems*, **4**, 216–225.

- Cutforth, H.W., B.G. McConkey, R.J. Woodvine, D.G. Smith, P.G. Jefferson, et O.O. Akinremi, 1999:** Climate change in the semiarid prairie of southwestern Saskatchewan: Late winter-early spring. *Canadian Journal of Plant Science*, **79**, 343–350.
- Dale, V.H. et H.M. Rauscher, 1994:** Assessing impacts of climate change on forests—The state of biological modeling [Compte rendu]. *Climatic Change*, **28**, 65–90.
- Dale, V.H., 1997:** The relationship between land-use change and climate change. *Ecological Applications*, **7**, 753–769.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, et R.P. Neilson, 2000:** The interplay between climate change, forests, and disturbances. *Science of the Total Environment*, **262**, 201–204.
- Dale, V.H., L.A. Joyce, S. McNulty, R.P. Neilson, M.P. Ayres, M.D. Flannigan, P.J. Hanson, L.C. Irland, A.E. Lugo, C.J. Peterson, D. Simberloff, F.J. Swanson, B.J. Stocks, et B.M. Wotton, 2001:** Climate change and forest disturbances. *BioScience*, **51**, 723–734.
- Dalgaard, T., N. Halberg, et J.R. Porter, 2001:** A model for fossil energy use in Danish agriculture used to compare organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **87**, 51–65.
- Dauer, D.M., J.A. Ranasinghe, et S.B. Weisberg, 2000:** Relationships between benthic community condition, water quality, sediment quality, nutrient loads, and land use patterns in Chesapeake Bay [Compte rendu]. *Estuaries*, **23**, 80–96.
- Davidson, C., H.B. Shaffer, et M.R. Jennings, 2001:** Declines of the California red-legged frog: Climate, UV-B, habitat, and pesticides hypotheses. *Ecological Applications*, **11**, 464–479.
- Davis, M.B., 1983:** Holocene vegetation history of the eastern United States. In: *Late Quaternary environments of the United States. Vol. 2, The Holocene* [Wright, H.E. (ed.)]. University of Minnesota Press, 166–181.
- Davis, M.B. et R.G. Shaw, 2001:** Range shifts and adaptive responses to Quaternary climate change [Compte rendu]. *Science*, **292**, 673–679.
- de Freitas, H.A., L.C.R. Pessenda, R. Aravena, S.E.M. Gouveia, A.D. Ribeiro, et R. Boulet, 2001:** Late Quaternary vegetation dynamics in the southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. *Quaternary Research*, **55**, 39–46.
- de Snoo, G.R. et G.W.J. van de Ven, 1999:** Environmental themes on eco-labels. *Landscape & Urban Planning*, **46**, 179–184.
- Debinski, D.M., M.E. Jakubauskas, et K. Kindscher, 2000:** Montane meadows as indicators of environmental change. *Environmental Monitoring & Assessment*, **64**, 213–225.
- Delcourt, P.A. et H.R. Delcourt, 1998:** Paleoecological insights on conservation of biodiversity—A focus on species, ecosystems, and landscapes. *Ecological Applications*, **8**, 921–934.
- Delire, C., P. Behling, M.T. Coe, J.A. Foley, R. Jacob, J. Kutzbach, Z.Y. Liu, et S. Vavrus, 2001:** Simulated response of the atmosphere-ocean system to deforestation in the Indonesian Archipelago. *Geophysical Research Letters*, **28**, 2081–2084.
- Desanker, P.V. et C.O. Justice, 2001:** Africa and global climate change: critical issues and suggestions for further research and integrated assessment modeling. *Climate Research*, **17**, 93–103.
- Diaz, S., 2001:** Complex interactions between plant diversity, succession and elevated CO₂. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 667.
- Diaz, S. et M. Cabido, 2001:** Vive la différence: plant functional diversity matters to ecosystem processes [Compte rendu]. *Trends in Ecology and Evolution*, **16**, 646–655.
- Didier, L., 2001:** Invasion patterns of European larch and Swiss stone pine in subalpine pastures in the French Alps. *Forest Ecology & Management*, **145**, 67–77.
- DiMichele, W.A., H.W. Pfefferkorn, et R.A. Gastaldo, 2001:** Response of Late Carboniferous and Early Permian plant communities to climate change [Compte rendu]. *Annual Review of Earth & Planetary Sciences*, **29**, 461–487.
- Dippner, J.W. et G. Ottersen, 2001:** Cod and climate variability in the Barents Sea. *Climate Research*, **17**, 73–82.
- Dixon, R.K. et J. Wisniewski, 1995:** Global forest systems—An uncertain response to atmospheric pollutants and global climate change. *Water, Air, & Soil Pollution*, **85**, 101–110.
- Doerner, J.P. et P.E. Carrara, 2001:** Late quaternary vegetation and climatic history of the Long Valley area, west-central Idaho, USA. *Quaternary Research*, **56**, 103–111.
- Drexler, J.Z. et K.C. Ewel, 2001:** Effect of the 1997–1998 ENSO-related drought on hydrology and salinity in a Micronesian wetland complex. *Estuaries*, **24**, 347–356.
- Dubatolov, V.N. et V.I. Krasnov, 2000:** Evolution of geographic settings of Siberian seas in the Famenian. *Geologiya i Geofizika*, **41**, 239–254 (en russe).
- Dubey, S.K., 2001:** Methane emission and rice agriculture. *Current Science*, **81**, 345–346.
- Duckworth, J.C., R.G.H. Bunce, et A.J.C. Malloch, 2000:** Vegetation gradients in Atlantic Europe: the use of existing phytosociological data in preliminary investigations on the potential effects of climate change on British vegetation. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **9**, 187–199.
- Dukes, J.S., 2001:** Productivity and complementarity in grassland microcosms of varying diversity. *Oikos*, **94**, 468–480.
- Dukes, J.S., 2001:** Biodiversity and invasibility in grassland microcosms. *Oecologia*, **126**, 563–568.
- Dyer, P.S. et G.J. Murtagh, 2001:** Variation in the ribosomal ITS-sequence of the lichens *Buellia frigida* and *Xanthoria elegans* from the Vestfold Hills, eastern Antarctica. *Lichenologist*, **33**, 151–159.
- Dynesius, M. et R. Jansson, 2000:** Evolutionary consequences of changes in species' geographical distributions driven by Milankovitch climate oscillations. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*.
- Easterling, W.E., J.R. Brandle, C.J. Hays, Q.F. Guo, et D.S. Guertin, 2001:** Simulating the impact of human land use change on forest composition in the Great Plains agroecosystems with the Seedscape model. *Ecological Modelling*, **140**, 163–176.
- Eastman, J.L., M.B. Coughenour, et R.A. Pielke, 2001:** The regional effects of CO₂ and landscape change using a coupled plant and meteorological model. *Global Change Biology*, **7**, 797–815.
- Eckersten, H., K. Blomback, T. Katterer, et P. Nyman, 2001:** Modelling C, N, water and heat dynamics in winter wheat under climate change in southern Sweden. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **86**, 221–235.
- Edwards, G.R., H. Clark, et P.C.D. Newton, 2001:** The effects of elevated CO₂ on seed production and seedling recruitment in a sheep-grazed pasture. *Oecologia*, **127**, 383–394.
- Elliott, S., K.S. Lackner, H.J. Ziock, M.K. Dubey, H.P. Hanson, S. Barr, N.A. Ciszowski, et D.R. Blake, 2001:** Compensation of atmospheric CO₂ buildup through engineered chemical sinkage. *Geophysical Research Letters*, **28**, 1235–1238.
- Englin, J. et J.M. Callaway, 1995:** Environmental impacts of sequestering carbon through forestation. *Climatic Change*, **31**, 67–78.
- Enquist, B.J. et K.J. Niklas, 2001:** Invariant scaling relations across tree-dominated communities. *Nature*, **410**, 655–660.
- Epstein, P.R., 2001:** Climate change and emerging infectious diseases [Compte rendu]. *Microbes & Infection*, **3**, 747–754.
- Erickson, H., M. Keller, et E.A. Davidson, 2001:** Nitrogen oxide fluxes and nitrogen cycling during postagricultural succession and forest fertilization in the humid tropics. *Ecosystems*, **4**, 67–84.
- Ernest, S.K.M. et J.H. Brown, 2001:** Homeostasis and compensation: The role of species and resources in ecosystem stability. *Ecology*, **82**, 2118–2132.
- Evans, R.D., R. Rimer, L. Sperry, et J. Belnap, 2001:** Exotic plant invasion alters nitrogen dynamics in an arid grassland. *Ecological Applications*, **11**, 1301–1310.
- Ewel, K.C., C. Cressa, R.T. Kneib, P.S. Lake, L.A. Levin, M.A. Palmer, P. Snelgrove, et D.H. Wall, 2001:** Managing critical transition zones. *Ecosystems*, **4**, 452–460.
- Fairbanks, D.H.K. et G.A. Benn, 2000:** Identifying regional landscapes for conservation planning: a case study from KwaZulu-Natal, South Africa. *Landscape & Urban Planning*, **50**, 237–257.
- Falge, E., D. Baldocchi, R. Olson, P. Anthoni, M. Aubinet, C. Bernhofer, G. Burba, R. Ceulemans, R. Clement, H. Dolman, A. Granier, P. Gross, T. Grunwald, D. Hollinger, N.O. Jensen, G. Katul, P. Keronen, A. Kowalski, C.T. Lai, B.E. Law, T. Meyers, H. Moncrieff, E. Moors, J.W. Munger, K. Pilegaard, et al., 2001:** Gap filling strategies for defensible annual sums of net ecosystem exchange. *Agricultural & Forest Meteorology*, **107**, 43–69.
- Fay, P.A., J.D. Carlisle, A.K. Knapp, J.M. Blair, et S.L. Collins, 2000:** Altering rainfall timing and quantity in a mesic grassland ecosystem: Design and performance of rainfall manipulation shelters. *Ecosystems*, **3**, 308–319.
- Fearnside, P.M., 2000:** Uncertainty in land-use change and forestry sector mitigation options for global warming: Plantation silviculture versus avoided deforestation. *Biomass & Bioenergy*, **18**, 457–468.
- Fearnside, P.M., 2001:** Saving tropical forests as a global warming countermeasure: an issue that divides the environmental movement. *Ecological Economics*, **39**, 167–184.
- Fenner, J., 2001:** Palaeoceanographic and climatic changes during the Albian, summary of the results from the Kirchrode boreholes. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **174**, 287–304.

- Figueredo, C.C.** et A. Giani, 2001: Seasonal variation in the diversity and species richness of phytoplankton in a tropical eutrophic reservoir. *Hydrobiologia*, **445**, 165–174.
- Findlay, C.S.**, J. Lenton, et L.G. Zheng, 2001: Land-use correlates of annual community richness and composition in southeastern Ontario wetlands. *Ecoscience*, **8**, 336–343.
- Finizio, A.**, A. Diguardo, et L. Cartmale, 1998: Hazardous air pollutants (haps) and their effects on biodiversity—An overview of the atmospheric pathways of persistent organic pollutants (pops) and suggestions for future studies. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 327–336.
- Finlayson, C.M.** et I. Eliot, 2001: Ecological assessment and monitoring of coastal wetlands in Australia's wet-dry tropics: A paradigm for elsewhere? *Coastal Management*, **29**, 105–115.
- Fischer, M.**, D. Matthies, et B. Schmid, 1997: Responses of rare calcareous grassland plants to elevated CO₂—A field experiment with *gentianella germanica* and *gentiana cruciata*. *Journal of Ecology*, **85**, 681–691.
- Fitter, A.H.**, G.K. Self, T.K. Brown, D.S. Bogle, J.D. Graves, D. Benham, et P. Ineson, 1999: Root production and turnover in an upland grassland subjected to artificial soil warming respond to radiation flux and nutrients, not temperature. *Oecologia*, **120**, 575–581.
- Fitzhugh, R.D.**, C.T. Driscoll, P.M. Groffman, G.L. Tierney, T.J. Fahey, et J.P. Hardy, 2001: Effects of soil freezing disturbance on soil solution nitrogen, phosphorus, and carbon chemistry in a northern hardwood ecosystem. *Biogeochemistry*, **56**, 215–238.
- Flannigan, M.D.**, B.J. Stocks, et B.M. Wotton, 2000: Climate change and forest fires. *Science of the Total Environment*, **262**, 221–229.
- Fleishman, E.**, J.P. Fay, et D.D. Murphy, 2000: Upsides and downsides: contrasting topographic gradients in species richness and associated scenarios for climate change. *Journal of Biogeography*, **27**, 1209–1219.
- Fleming, R.A.** et J.N. Candau, 1998: Influences of climatic change on some ecological processes of an insect outbreak system in Canadian boreal forests and the implications for biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 235–249.
- Foissner, W.**, 1999: Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **74**, 95–112.
- Foley, J.A.**, S. Levis, M.H. Costa, W. Cramer, et D. Pollard, 2000: Incorporating dynamic vegetation cover within global climate models. *Ecological Applications*, **10**, 1620–1632.
- Fontaine, T.A.**, J.F. Klassen, T.S. Cruickshank, et R.H. Hotchkiss, 2001: Hydrological response to climate change in the Black Hills of South Dakota, USA. *Hydrological Sciences Journal*, **46**, 27–40.
- Foster, P.**, 2001: The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests [Compte rendu]. *Earth-Science Reviews*, **55**, 73–106.
- Frampton, G.K.**, P.J. Van den Brink, et P.J.L. Gould, 2000: Effects of spring precipitation on a temperate arable collembolan community analysed using Principal Response Curves. *Applied Soil Ecology*, **14**, 231–248.
- Frenot, Y.**, J.C. Gloaguen, L. Masse, et M. Lebouvier, 2001: Human activities, ecosystem disturbance and plant invasions in subantarctic Crozet, Kerguelen and Amsterdam Islands. *Biological Conservation*, **101**, 33–50.
- Fridley, J.D.**, 2001: The influence of species diversity on ecosystem productivity: how, where, and why? *Oikos*, **93**, 514–526.
- Friedlingstein, P.**, L. Bopp, P. Ciais, J.L. Dufresne, L. Fairhead, H. LeTreut, P. Monfray, et J. Orr, 2001: Positive feedback between future climate change and the carbon cycle. *Geophysical Research Letters*, **28**, 1543–1546.
- Frolking, S.**, N.T. Roulet, T.R. Moore, P.J.H. Richard, M. Lavoie, et S.D. Muller, 2001: Modeling northern peatland decomposition and peat accumulation. *Ecosystems*, **4**, 479–498.
- Gabriel, A.G.A.**, S.L. Chown, J. Barendse, D.J. Marshall, R.D. Mercer, P.J.A. Pugh, et V.R. Smith, 2001: Biological invasions of Southern Ocean islands: the Collembola of Marion Island as a test of generalities. *Ecography*, **24**, 421–430.
- Gao, G.** et C.Y. Huang, 2001: Climate change and its impact on water resources in North China. *Advances in Atmospheric Sciences*, **18**, 718–732.
- Gignac, L.D.**, 2001: Invited essay—New frontiers in bryology and lichenology—Bryophytes as indicators of climate change. *Bryologist*, **104**, 410–420.
- Giorgi, F.**, P.H. Whetton, R.G. Jones, J.H. Christensen, L.O. Mearns, B. Hewitson, H. vonStorch, R. Francisco, et C. Jack, 2001: Emerging patterns of simulated regional climatic changes for the 21st century due to anthropogenic forcings. *Geophysical Research Letters*, **28**, 3317–3320.
- Goklany, I.M.**, 1995: Strategies to enhance adaptability—Technological change, sustainable growth and free trade. *Climatic Change*, **30**, 427–449.
- Goklany, I.M.**, 1996: Factors affecting environmental impacts—The effect of technology on long-term trends in cropland, air pollution and water-related diseases. *Ambio*, **25**, 497–503.
- Goklany, I.M.**, 1998: Saving habitat and conserving biodiversity on a crowded planet. *Bioscience*, **48**, 941–953.
- Goklany, I.M.**, 1999: Meeting Global Food Needs: The Environmental Trade-offs Between Increasing Land Conversion and Land Productivity. *Technology*, **6**, 107–130.
- Goklany, I.M.**, 2000: Potential Consequences of Increasing Atmospheric CO₂ Concentration Compared to Other Environmental Problems. *Technology*, **7S**, 189–213.
- Goldewijk, K.K.**, 2001: Estimating global land use change over the past 300 years: The HYDE Database. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 417–433.
- Gomez-mendoza, J.**, 1993: Forestation and reforestation in Spain. *Revista de Occidente*, **149**, 73–89 (en espagnol).
- Gould, W.**, 2000: Remote sensing of vegetation, plant species richness, and regional biodiversity hotspots. *Ecological Applications*, **10**, 1861–1870.
- Govindasamy, B.**, P.B. Duffy, et K. Caldeira, 2001: Land use Changes and Northern Hemisphere Cooling. *Geophysical Research Letters*, **28**, 291–294.
- Gower, S.T.**, O. Krankina, R.J. Olson, M. Apps, S. Linder, et C. Wang, 2001: Net primary production and carbon allocation patterns of boreal forest ecosystems. *Ecological Applications*, **11**, 1395–1411.
- Grace, J.B.**, 2001: Difficulties with estimating and interpreting species pools and the implications for understanding patterns of diversity. *Folia Geobotanica*, **36**, 71–83.
- Grace, J.B.**, 2001: The roles of community biomass and species pools in the regulation of plant diversity. *Oikos*, **92**, 193–207.
- Graham, R.L.**, M.G. Turner, et D.V. H., 1990: Increasing CO₂ and climate change: effects on forests. *Bioscience*, **40**, 575–587.
- Granstrom, A.**, 2001: Fire management for biodiversity in the European boreal forest. *Scandinavian Journal of Forest Research*, **Suppl 3**, 62–69.
- Green, R.E.**, M. Harley, et C. Zockler, 2001: *Impact of Climate change on nature conservation*. Royal Society for the protection of Birds, 71 pp.
- Greenwald, D.N.** et L.B. Brubaker, 2001: A 5000-year record of disturbance and vegetation change in riparian forests of the Queets River, Washington, USA. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1375–1385.
- Griffin, K.L.**, O.R. Anderson, M.D. Gastrich, J.D. Lewis, G.H. Lin, W. Schuster, J.R. Seemann, D.T. Tissue, M.H. Turnbull, et D. Whitehead, 2001: Plant growth in elevated CO₂ alters mitochondrial number and chloroplast fine structure. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 2473–2478.
- Griffis, T.J.** et W.R. Rouse, 2001: Modelling the interannual variability of net ecosystem CO₂ exchange at a subarctic sedge fen. *Global Change Biology*, **7**, 511–530.
- Grissom, P.**, M.E. Alexander, B. Cella, F. Cole, J.T. Kurth, N.P. Malotte, D.L. Martell, W. Mawdsley, J. Roessler, R. Quillin, et P.C. Ward, 2000: Effects of climate change on management and policy: Mitigation options in the north American boreal forest. *Fire, Climate Change, And Carbon*.
- Groffman, P.M.**, C.T. Driscoll, T.J. Fahey, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, et G.L. Tierney, 2001: Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. *Biogeochemistry*, **56**, 135–150.
- Groffman, P.M.**, C.T. Driscoll, T.J. Fahey, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, et G.L. Tierney, 2001: Effects of mild winter freezing on soil nitrogen and carbon dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, **56**, 191–213.
- Gross, K.L.**, M.R. Willig, L. Gough, R. Inouye, et S.B. Cox, 2000: Patterns of species density and productivity at different spatial scales in herbaceous plant communities. *Oikos*, **89**, 417–427.
- Guisan, A.** et J.P. Theurillat, 2000: Equilibrium modeling of alpine plant distribution: how far can we go? *Phytocoenologia*, **30**, 353–384.

- Guo, Q.F.**, 2000: Climate change and biodiversity conservation in Great Plains agroecosystems. *Global Environmental Change Human & Policy Dimensions*.
- Guo, Q.F.** et R.E. Ricklefs, 2000: Species richness in plant genera disjunct between temperate eastern Asia and North America. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **134**, 401–423.
- Gurevitch, J.**, P.S. Curtis, et M.H. Jones, 2001: Meta-analysis in ecology. In: *Advances in Ecological Research*, Vol 32, 199–247.
- Haas, G.** et F. Wetterich, 2000: Optimizing agri-environmental program to reduce negative environmental impact in the Allgaeu region using life cycle assessment. *Berichte über Landwirtschaft*, **78**, 92–105 (en allemand).
- Haas, G.**, F. Wetterich, et U. Kopke, 2001: Comparing intensive, extensified and organic grassland farming in southern Germany by process life cycle assessment. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **83**, 43–53.
- Haberle, S.G.**, G.S. Hope, et S. van der Kaars, 2001: Biomass burning in Indonesia and Papua New Guinea: natural and human induced fire events in the fossil record. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, **171**, 259–268.
- Haberle, S.G.** et M.P. Ledru, 2001: Correlations among charcoal records of fires from the past 16,000 years in Indonesia, Papua New Guinea, and Central and South America. *Quaternary Research*, **55**, 97–104.
- Hager, C.**, G. Wurth, et G.H. Kohlmaier, 1999: Biomass of forest stands under climatic change: a German case study with the Frankfurt biosphere model (FBM). *Tellus Series B Chemical & Physical Meteorology*, **51**, 385–401.
- Hall, G.M.J.**, S.K. Wisser, R.B. Allen, P.N. Beets, et C.J. Goulding, 2001: Strategies to estimate national forest carbon stocks from inventory data: the 1990 New Zealand baseline. *Global Change Biology*, **7**, 389–403.
- Hamilton, J.G.**, R.B. Thomas, et E.H. Delucia, 2001: Direct and indirect effects of elevated CO₂ on leaf respiration in a forest ecosystem. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 975–982.
- Hansell, R.I.C.**, J.R. Malcolm, H. Welch, R.L. Jefferies, et P.A. Scott, 1998: Atmospheric change and biodiversity in the arctic. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 303–325.
- Hansen, A.** et V. Dale, 2001: Biodiversity in US forests under global climate change. *Ecosystems*, **4**, 161–163.
- Hansen, A.J.**, R.R. Neilson, V.H. Dale, C.H. Flather, L.R. Iverson, D.J. Currie, S. Shafer, R. Cook, et P.J. Bartlein, 2001: Global change in forests: Responses of species, communities, and biomes. *Bioscience*, **51**, 765–779.
- Hanson, P.J.** et J.F. Weltzin, 2000: Drought disturbance from climate change: response of United States forests [Compte rendu]. *Science of the Total Environment*, **262**, 205–220.
- Hanson, P.J.**, D.E. Todd, et J.S. Amthor, 2001: A six-year study of sapling and large-tree growth and mortality responses to natural and induced variability in precipitation and throughfall. *Tree Physiology*, **21**, 345–358.
- Hantemirov, R.M.**, 2000: The 4309-year Tree-Ring Chronology from Yamal Peninsular and its Application to the Reconstruction of the Climate of the Past in the Northern Part of West Siberia. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 287–301 (en russe).
- Harrison, R.D.**, 2000: Repercussions of El Niño: drought causes extinction and the breakdown of mutualism in Borneo. *Proceedings of the Royal Society of London, Series B: Biological*.
- Harrison, P.A.**, P.M. Berry, et T.E. Dawson, 2001: Climate change and nature conservation in Britain and Ireland. In: *Modelling natural resource responses to climate change (the MONARCH project)*, Oxford, 283.
- Harrison, R.D.**, 2001: Drought and the consequences of El Niño in Borneo: a case study of figs. *Population Ecology*, **43**, 63–75.
- Harte, J.**, 1988: *Consider a Spherical Cow: A Course in Environmental Problem Solving*. University Science Books.
- Hawkins, R.**, 2000: The use of economic instruments and green taxes to complement an environmental regulatory regime. *Water, Air, & Soil Pollution*, **123**, 379–393.
- Hazell, P.** et S. Wood, 2000: From science to technology adoption: the role of policy research in improving natural resource management. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 385–393.
- He, H.S.**, D.J. Mladenoff, et T.R. Crow, 1999: Linking an ecosystem model and a landscape model to study forest species response to climate warming. *Ecological Modelling*, **114**, 213–233.
- Hebda, R.**, 1998: Atmospheric change, forests and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 195–212.
- Hector, A.**, B. Schmid, C. Beierkuhnlein, M.C. Caldeira, M. Diemer, P.G. Dimitrakopoulos, J.A. Finn, H. Freitas, P.S. Giller, J. Good, R. Harris, P. Hogberg, K. Huss-Danell, J. Joshi, A. Jumpponen, C. Körner, P.W. Leadley, M. Loreau, A. Minns, C.P.H. Mulder, G. O'Donovan, S.J. Otway, J.S. Pereira, A. Prinz, D.J. Read, M. Scherer-Lorenzen, E.D. Schulze, A.S.D. Siamantziouras, E.M. Spehn, A.C. Terry, A.Y. Troumbis, F.I. Woodward, S. Yachi, et J.H. Lawton, 1999: Plant diversity and productivity experiments in European grasslands. *Science*, **286**, 1123–1127.
- Hector, A.**, A.J. Beale, A. Minns, S.J. Otway, et J.H. Lawton, 2000: Consequences of the reduction of plant diversity for litter decomposition: effects through litter quality and microenvironment. *Oikos*, **90**, 357–371.
- Heijmans, M.M.P.D.**, F. Berendse, W.J. Arp, A.K. Masselink, H. Klees, W. De Visser, et N. van Breemen, 2001: Effects of elevated carbon dioxide and increased nitrogen deposition on bog vegetation in the Netherlands. *Journal of Ecology*, **89**, 268–279.
- Hely, C.**, M. Flannigan, Y. Bergeron, et D. McRae, 2001: Role of vegetation and weather on fire behavior in the Canadian mixedwood boreal forest using two fire behavior prediction systems. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 430–441.
- Herbert, T.D.**, J.D. Schuffert, D. Andreasen, L. Heusser, M. Lyle, A. Mix, A.C. Ravelo, L.D. Stott, et J.C. Herguera, 2001: Collapse of the California Current during glacial maxima linked to climate change on land. *Science*, **293**, 71–76.
- Herrick, J.D.** et R.B. Thomas, 2001: No photosynthetic down-regulation in sweetgum trees (*Liquidambar styraciflua* L.) after three years of CO₂ enrichment at the Duke Forest FACE experiment. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 53–64.
- Hidalgo, H.C.**, J.A. Dracup, G.M. MacDonald, et J.A. King, 2001: Comparison of tree species sensitivity to high and low extreme hydroclimatic events. *Physical Geography*, **22**, 115–134.
- Higgins, S.I.**, D.M. Richardson, et R.M. Cowling, 2000: Using a dynamic landscape model for planning the management of alien plant invasions. *Ecological Applications*, **10**, 1833–1848.
- Hinderer, M.**, 2001: Late Quaternary denudation of the Alps, valley and lake fillings and modern river loads [Compte rendu]. *Geodinamica Acta*, **14**, 231–263.
- Hiscock, K.M.**, D.H. Lister, R.R. Boar, et F.M.L. Green, 2001: An integrated assessment of long-term changes in the hydrology of three lowland rivers in eastern England. *Journal of Environmental Management*, **61**, 195–214.
- Hitz, C.**, M. Egli, et P. Fitze, 2001: Below-ground and above-ground production of vegetational organic matter along a climosequence in alpine grasslands. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, **164**, 389–397.
- Hoek, W.Z.**, 2001: Vegetation response to the similar to 14.7 and similar to 11.5 ka cal. BP climate transitions: is vegetation lagging climate? *Global & Planetary Change*, **30**, 103–115.
- Hoffmann, J.**, 1999: Influence of climate change on natural vegetation in cultural landscape. *Ber. Landwirtschaftl.*, **77**, 94–98 (en allemand).
- Hoffmann, B.D.**, 2000: Changes in ant species composition and community organisation along grazing gradients in semi-arid rangelands of the Northern Territory. *The Rangeland Journal*, **22**, 171–189.
- Hogg, E.H.**, 2001: Modeling aspen responses to climatic warming and insect defoliation in western Canada. *Sustaining Aspen In Western Landscapes: Symposium Proceedings*, **18**, 325–338.
- Hohenwallner, D.** et H.G. Zechmeister, 2001: Factors influencing bryophyte species richness and populations in urban environments: a case study. *Nova Hedwigia*, **73**, 87–96.
- Holling, C.S.**, 2001: Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems [Compte rendu]. *Ecosystems*, **4**, 390–405.
- Holmgren, M.** et M. Scheffer, 2001: El Niño as a window of opportunity for the restoration of degraded arid ecosystems. *Ecosystems*, **4**, 151–159.
- Hossell, J.E.**, B. Briggs, et I.R. Hepburn, 2000: *Climate change and UK nature conservation: A review of the impact of climate change on UK species and habitat conservation policy*. Department of the Environment, Transport and the Regions, Londres, 73 pp.
- Howden, S.M.**, G.M. McKeon, H. Meinke, M. Entel, et N. Flood, 2001: Impacts of climate change and climate variability on the competitiveness of wheat and beef cattle production in Emerald, north-east Australia. *Environment International*, **27**, 155–160.

- Howden, S.M., J.L. Moore, G.M. McKeon, et J.O. Carter, 2001:** Global change and the mulga woodlands of southwest Queensland: greenhouse gas emissions, impacts, and adaptation. *Environment International*, **27**, 161–166.
- Hu, F.S., B.P. Finney, et L.B. Brubaker, 2001:** Effects of holocene Alnus expansion on aquatic productivity, nitrogen cycling, and soil development in southwestern Alaska. *Ecosystems*, **4**, 358–368.
- Hudon, C., 2000:** Phytoplankton assemblages in the St. Lawrence River, downstream of its confluence with the Ottawa River Quebec, Canada. *Canadian Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, **57**, 16–30.
- Humphreys, W.F., 2000:** Karst wetlands biodiversity and continuity through major climatic change: An example from arid tropical western Australia. *Biodiversity In Wetlands: Assessment, Function And.*
- Huntley, B. et H.J.B. Birks, 1983:** *An atlas of past and present pollen maps for Europe, 0–13,000 years ago.* Cambridge University Press, Cambridge.
- Huntley, B., R. Baxter, K.J. Lewthwaite, S.G. Willis, et J.K. Adamson, 1998:** Vegetation responses to local climatic changes induced by a water-storage reservoir. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **7**, 241–257.
- Hurd, B., N. Leary, R. Jones, et J. Smith, 1999:** Relative regional vulnerability of water resources to climate change. *Journal of the American Water Resources Association*, **35**, 1399–1409.
- Huttl, R.F., B.U. Schneider, et E.P. Farrell, 2000:** Forests of the temperate region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology & Management*, **132**, 83–96.
- Hyvarinen, J., 2001:** World environment—Getting organised. *The World Today*, **57**, 25–27.
- Imbert, D., I. Bonheme, E. Saur, et C. Bouchon, 2000:** Floristics and structure of the *Pterocarpus officinalis* swamp forest in Guadeloupe, Lesser Antilles. *Journal of Tropical Ecology*, **16**, 55–68.
- Inсарov, G.E. et I.D. Inсарova, 2000:** Estimation of Lichen Sensitivity to Climatic Changes. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 106–121 (en russe).
- Inсарov, G. et I. Inсарova, 2001:** Lichen monitoring in the context of climate change and biodiversity study. In: *The Makhteshim Country: a laboratory of nature. Geological and ecological studies in the desert region of Israel* [Krasnov, B. et E. Mazar (eds.)]. Pensoft Publishers, Sofia–Moscou, Russian Federation, 323–332.
- Irland, L.C., 2000:** Ice storms and forest impacts. *Science of the Total Environment*, **262**, 231–242.
- Isaev, A.S., T.M. Ovshinnikov, E.N. Palmikova, B.G. Suhovolsky, et O.V. Tarasova, 1999:** Assessment of ‘forest-insects’ interrelations in boreal forests in context of possible climate change. *Lesovedenie*, **6**, 39–44 (en russe).
- Iverson, L.R. et A.M. Prasad, 2001:** Potential changes in tree species richness and forest community types following climate change. *Ecosystems*, **4**, 186–199.
- Ivonin, V.M. et N.M. Makarova, 1993:** Soil conservation role of farm forestation. *Eurasian Soil Science*, **25**, 49–62.
- Izrael, Y.A. et A.V. Tsyban, 2000:** *Dynamics of Bering Sea and Chuckchee Sea ecosystems.* Nauka Publishers, Moscou, 375 pp. (en russe).
- Jaber, J.O., M.S. Mohsen, S.D. Probert, et M. Alees, 2001:** Future electricity-demands and greenhouse-gas emissions in Jordan. *Applied Energy*, **69**, 1–18.
- Jackson, S.T. et D.K. Singer, 1997:** Climate change and the development of coastal plain disjunctions in the central great lakes region. *Rhodora*, **99**, 101–117.
- Jackson, J.B.C., M.X. Kirby, W.H. Berger, K.A. Bjorndal, L.W. Botsford, B.J. Bourque, R.H. Bradbury, R. Cooke, J. Erlandson, J.A. Estes, T.P. Hughes, S. Kidwell, C.B. Lange, H.S. Lenihan, J.M. Pandolfi, C.H. Peterson, R.S. Steneck, M.J. Tegner, et R.R. Warner, 2001:** Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems [Compte rendu]. *Science*, **293**, 629–638.
- Jamieson, N., D. Barraclough, M. Gunkovich, et R. Monaghan, 1998:** Soil n dynamics in a natural calcareous grassland under a changing climate. *Biology & Fertility of Soils*, **27**, 267–273.
- Jenkins, J.C., R.A. Birdsey, et Y. Pan, 2001:** Biomass and NPP estimation for the mid-Atlantic region (USA) using plot-level forest inventory data. *Ecological Applications*, **11**, 1174–1193.
- Jin, H.L., G.R. Dong, Z.Z. Su, et L.Y. Sun, 2001:** Reconstruction of the spatial patterns of desert/loess boundary belt in North China during the Holocene [Compte rendu]. *Chinese Science Bulletin*, **46**, 969–975.
- Jobbagy, E.G. et R.B. Jackson, 2000:** Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemispheres. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **9**, 253–268.
- Johnsen, K., L. Samuelson, R. Teskey, S. McNulty, et T. Fox, 2001:** Process models as tools in forestry research and management. *Forest Science*, **47**, 2–8.
- Johnson, D.W., R.B. Susfalk, H.L. Gholz, et P.J. Hanson, 2000:** Simulated effects of temperature and precipitation change in several forest ecosystems. *Journal of Hydrology*, **235**, 183–204.
- Johnston, K.M. et O.J. Schmitz, 1997:** Wildlife and climate change—Assessing the sensitivity of selected species to simulated doubling of atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, **3**, 531–544.
- Jones, R.N., 2001:** An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Natural Hazards*, **23**, 197–230.
- Jones, R.N., T. McMahon, et J.M. Bowler, 2001:** Modelling historical lake levels and recent climate change at three closed lakes, Western Victoria, Australia (c.1840–1990). *Journal of Hydrology*, **246**, 159–180.
- Jonsson, M. et B. Malmqvist, 2000:** Ecosystem process rate increases with animal species richness: evidence from leaf-eating, aquatic insects. *Oikos*, **89**, 519–523.
- Joshi, J., D. Matthies, et B. Schmid, 2000:** Root hemiparasites and plant diversity in experimental grassland communities. *Journal of Ecology*, **88**, 634–644.
- Joyce, L.A., J. Aber, S. McNulty, V. Dale, A.J. Hansen, L. Irland, R.P. Neilson, et K. Skog, 2001:** Forests. In: *Climate Change Impacts: The Potential Consequences of Climate Variability and Change.* Cambridge University Press, Cambridge, 489–524.
- Justice, C., D. Wilkie, Q.F. Zhang, J. Brunner, et C. Donoghue, 2001:** Central African forests, carbon and climate change. *Climate Research*, **17**, 229–246.
- Kammenga, J.E., C.A.M. Van Gestel, et E. Hornung, 2001:** Switching life-history sensitivities to stress in soil invertebrates. *Ecological Applications*, **11**, 226–238.
- Kanae, S., T. Oki, et K. Musiaka, 2001:** Impact of deforestation on regional precipitation over the Indochina Peninsula. *Journal of Hydrometeorology*, **2**, 51–70.
- Kanowski, J., 2001:** Effects of elevated CO₂ on the foliar chemistry of seedlings of two rainforest trees from north-east Australia: Implications for folivorous marsupials. *Austral Ecology*, **26**, 165–172.
- Kappelle, M., M.M.I. Van Vuuren, et P. Baas, 1999:** Effects of climate change on biodiversity: a review and identification of key research issues. *Biodiversity & Conservation*, **8**, 1383–1397.
- Karl, D.M., R.R. Bidigare, et R.M. Letelier, 2001:** Long-term changes in plankton community structure and productivity in the North Pacific Subtropical Gyre: The domain shift hypothesis. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*.
- Kashkarov, A.D. et V.L. Kashkarova, 2000:** Forest ecosystems of Kas Plain (Western Siberia) under global climate change stress. *Lesovedenie*, **3**, 12–21 (en russe).
- Keane, R.E., M. Austin, C. Field, A. Huth, M.J. Lexer, D. Peters, A. Solomon, et P. Wyckoff, 2001:** Tree mortality in gap models: Application to climate change [Compte rendu]. *Climatic Change*, **51**, 509–540.
- Kellomäki, S., I. Rouvinen, H. Peltola, H. Strandman, et R. Steinbrecher, 2001:** Impact of global warming on the tree species composition of boreal forests in Finland and effects on emissions of isoprenoids. *Global Change Biology*, **7**, 531–544.
- Kenny, G.J., W. Ye, T. Flux, et R.A. Warrick, 2001:** Climate variations and New Zealand agriculture: the CLIMPACTS system and issues of spatial and temporal scale. *Environment International*, **27**, 189–194.
- Kerr, J.T., 2001:** Butterfly species richness patterns in Canada: Energy, heterogeneity, and the potential consequences of climate change. *Conservation Ecology*, **5**, 131–147.
- Kettle, W.D., P.M. Rich, K. Kindscher, G.L. Pittman, et P. Fu, 2000:** Land-use history in ecosystem restoration: A 40-year study in the prairie-forest ecotone. *Restoration Ecology*, **8**, 307–317.
- Kharuk, V.I., T.A. Burenina, et E.F. Fedotova, 1999:** Analysis of the forest-tundra ecotone using remote sensing data. *Lesovedenie*, **3**, 59–67 (en russe).
- Kickert, R.N., G. Tonella, A. Simonov, et S.V. Krupa, 1999:** Predictive modeling of effects under global change. *Environmental Pollution*, **100**, 87–132.

- Killham, K.** et C. Yeomans, 2001: Rhizosphere carbon flow measurement and implications: from isotopes to reporter genes. *Plant & Soil*, **232**, 91–96.
- King, J.S., K.S. Pregitzer, D.R. Zak, M.E. Kubiske, J.A. Ashby, et W.E. Holmes**, 2001: Chemistry and decomposition of litter from *Populus tremuloides* Michaux grown at elevated atmospheric CO₂ and varying N availability. *Global Change Biology*, **7**, 65–74.
- King, J.S., K.S. Pregitzer, D.R. Zak, M.E. Kubiske, et W.E. Holmes**, 2001: Correlation of foliage and litter chemistry of sugar maple, *Acer saccharum*, as affected by elevated CO₂ and varying N availability, and effects on decomposition. *Oikos*, **94**, 403–416.
- King, J.S., K.S. Pregitzer, D.R. Zak, J. Sober, J.G. Isebrands, R.E. Dickson, G.R. Hendrey, et D.F. Karnosky**, 2001: Fine-root biomass and fluxes of soil carbon in young stands of paper birch and trembling aspen as affected by elevated atmospheric CO₂ and tropospheric O₃. *Oecologia*, **128**, 237–250.
- Kitzberger, T., T.W. Swetnam, et T.T. Veblen**, 2001: Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño-Southern Oscillation. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 315–326.
- Klepeis, P.** et B.L. Turner, 2001: Integrated land history and global change science: the example of the Southern Yucatan Peninsular Region project. *Land Use Policy*, **18**, 27–39.
- Klooster, D.** et O. Masera, 2000: Community forest management in Mexico: carbon mitigation and biodiversity conservation through rural development. *Global Environmental Change Human &*
- Knapp, A.K., J.M. Briggs, et J.K. Koelliker**, 2001: Frequency and extent of water limitation to primary production in a mesic temperate grassland. *Ecosystems*, **4**, 19–28.
- Knapp, R.A., P.S. Corn, et D.E. Schindler**, 2001: The introduction of non-native fish into wilderness lakes: Good intentions, conflicting mandates, and unintended consequences. *Ecosystems*, **4**, 275–278.
- Knight, J.**, 1997: A tale of two forests—Reforestation discourse in Japan and beyond. *Journal of the Royal Anthropological Institute*, **3**, 711–730.
- Knops, J.M.H., D. Wedin, et D. Tilman**, 2001: Biodiversity and decomposition in experimental grassland ecosystems. *Oecologia*, **126**, 429–433.
- Knorr, W.** et M. Heimann, 2001: Uncertainties in global terrestrial biosphere modeling 1. A comprehensive sensitivity analysis with a new photosynthesis and energy balance scheme. *Global Biogeochemical Cycles*, **15**, 207–225.
- Koleff, P.** et K.J. Gaston, 2001: Latitudinal gradients in diversity: real patterns and random models. *Ecography*, **24**, 341–351.
- Koop, G.** et L. Tole, 2001: Country 'choices' or deforestation paths: A method for global change analysis of human-forest interactions. *Journal of Environmental Management*, **63**, 133–148.
- Körner, C.**, 1998: Tropical forests in a CO₂-rich world. *Climatic Change*, **39**, 297–315.
- Körner, C.**, 2000: Biosphere responses to CO₂ enrichment [Compte rendu]. *Ecological Applications*, **10**, 1590–1619.
- Koskela, J.**, 2001: Responses of gas exchange and growth in Merkus pine seedlings to expected climatic changes in Thailand. *Global Change Biology*, **7**, 641–656.
- Kotze, D.C.** et T.G. O'Connor, 2000: Vegetation variation within and among palustrine wetlands along an altitudinal gradient in KwaZulu-Natal, South Africa. *Plant Ecology*, **146**, 77–96.
- Kovacs-Lang, E., G. Kroel-Dulay, M. Kertesz, G. Fekete, S. Bartha, J. Mika, I. Dobi-Wantuch, T. Redei, K. Rajkai, et I. Hahn**, 2000: Changes in the composition of sand grasslands along a climatic gradient in Hungary and implications for climate change. *Phytocoenologia*, **30**, 385–407.
- Kozharinov, A.V.** et O.V. Morozova, 1997: Floristic biodiversity in Eastern Europe and climate. *Lesovedenie*, **1**, 14–25 (en russe).
- Kozłowski, T.T.**, 2000: Responses of woody plants to human-induced environmental stresses: Issues, problems, and strategies for alleviating stress [Compte rendu]. *Critical Reviews in Plant Sciences*, **19**, 91–170.
- Kronberg, B.I.** et M.J. Watt, 2000: The precariousness of North American boreal forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **62**, 261–272.
- Kucharik, C.J., K.R. Brye, J.M. Norman, J.A. Foley, S.T. Gower, et L.G. Bundy**, 2001: Measurements and modeling of carbon and nitrogen cycling in agroecosystems of southern Wisconsin: Potential for SOC sequestration during the next 50 years. *Ecosystems*, **4**, 237–258.
- Kullman, I.L.**, 2001: 20th century climate warming and tree-limit rise in the southern Scandes of Sweden. *Ambio*, **30**, 72–80.
- Kutiel, P., H. Kutiel, et H. Lavee**, 2000: Vegetation response to possible scenarios of rainfall variations along a Mediterranean-extreme arid climatic transect. *Journal of Arid Environments*, **44**, 277–290.
- Kutsch, W.L., W. Steinborn, M. Herbst, R. Baumann, T. Barkmann, et L. Kappen**, 2001: Environmental indication: A field test of an ecosystem approach to quantify biological self-organization. *Ecosystems*, **4**, 49–66.
- Lackner, K.S.** et P. Grimes, 1999: The Case for Carbon Dioxide Extraction from Air. *The Energy Industry's Journal of Issues*, **57**, 6–10.
- Lackner, K.S.** et P. Grimes, 1999: *Carbon Dioxide Extraction from Air?* Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM.
- Lackner, K.S.** et H.J. Ziock, 1999: Carbon Dioxide Extraction from Air: Is it an Option? Proceedings of the 24th International Conference on Coal Utilization & Fuel Systems, Clearwater, Florida.
- Lackner, K.S.** et R. Wilson, 2000: Free-Market Approach to Controlling Carbon Dioxide Emissions to the Atmosphere: A discussion of the scientific basis. In: *Global Warming and Energy Policy* [Kursunoglu, B.N., S.L. Mintz et A. Perlmutter (eds.)]. Kluwer Academic/Plenum Publishers, Fort Lauderdale.
- Lafleur, P.M., T.J. Griffis, et W.R. Rouse**, 2001: Interannual variability in net ecosystem CO₂ exchange at the arctic treeline. *Arctic Antarctic & Alpine Research*, **33**, 149–157.
- Lahmer, W., B. Pflutzner, et A. Becker**, 2001: Assessment of land use and climate change impacts on the mesoscale. *Physics & Chemistry of the Earth Part B-Hydrology Oceans & Atmosphere*, **26**, 565–575.
- Lake, P.S., M.A. Palmer, P. Biro, J. Cole, A.P. Covich, C. Dahm, J. Gibert, W. Goedkoop, K. Martens, et J. Verhoeven**, 2000: Global change and the biodiversity of freshwater ecosystems: Impacts on linkages between above-sediment and sediment biota. *Bioscience*, **50**, 1099–1107.
- Larocque, I., R.I. Hall, et E. Grahn**, 2001: Chironomids as indicators of climate change: a 100-lake training set from a subarctic region of northern Sweden (Lapland). *Journal of Paleolimnology*, **26**, 307–322.
- Larson, D.L.**, 1995: Effects of climate on numbers of northern prairie wetlands. *Climatic Change*, **30**, 169–180.
- Laurance, W.F.**, 1999: Reflections on the tropical deforestation crisis. *Biological Conservation*, **91**, 109–117.
- Laurance, W.F.**, 2001: Future shock: forecasting a grim fate for the Earth. *Trends in Ecology & Evolution*, **16**, 531–533.
- Lavoie, C.**, 2001: Reconstructing the late-Holocene history of a subalpine environment (Charlevoix, Quebec) using fossil insects. *Holocene*, **11**, 89–99.
- Lawes, M.J., H.A.C. Eeley, et S.E. Piper**, 2000: The relationship between local and regional diversity of indigenous forest fauna in KwaZulu-Natal Province, South Africa. *Biodiversity & Conservation*, **9**, 683–705.
- Le Roux, X., A. Lacoite, A. Escobar-Gutierrez, et S. Le Dizes**, 2001: Carbon-based models of individual tree growth: A critical appraisal [Compte rendu]. *Annals of Forest Science*, **58**, 469–506.
- Lee, S.E., M.C. Press, J.A. Lee, T. Ingold, et T. Kurttila**, 2000: Regional effects of climate change on reindeer: a case study of the Muotkatunturi region in Finnish Lapland. *Polar Research*, **19**, 99–105.
- Lee, D.E., W.G. Lee, et N. Mortimer**, 2001: Where and why have all the flowers gone? Depletion and turnover in the New Zealand Cenozoic angiosperm flora in relation to palaeogeography and climate. *Australian Journal of Botany*, **49**, 341–356.
- Lee, T.D., M.G. Tjoelker, D.S. Ellsworth, et P.B. Reich**, 2001: Leaf gas exchange responses of 13 prairie grassland species to elevated CO₂ and increased nitrogen supply. *New Phytologist*, **150**, 405–418.
- Legendre, L., C. Courties, et M. Troussellier**, 2001: Flow cytometry in oceanography 1989–1999: Environmental challenges and research trends. *Cytometry*, **44**, 164–172.
- Lennon, J.J., J.J.D. Greenwood, et J.R.G. Turner**, 2000: Bird diversity and environmental gradients in Britain: a test of the species-energy hypothesis. *Journal of Animal Ecology*, **69**, 581–598.
- Leppakoski, E.** et S. Olenin, 2001: The meltdown of biogeographical peculiarities of the Baltic Sea: The interaction of natural and man-made processes. *Ambio*, **30**, 202–209.
- Leps, J., V.K. Brown, T.A.D. Len, D. Gormsen, K. Hedlund, J. Kailova, G.W. Korthals, S.R. Mortimer, C. Rodriguez-Barrueco, J. Roy, I.S. Regina, C. van Dijk, et W.H. van der Putten**, 2001: Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities. *Oikos*, **92**, 123–134.

- Lessmann, J.M., H. Brix, V. Bauer, O.A. Clevering, et F.A. Comin, 2001:** Effect of climatic gradients on the photosynthetic responses of four Phragmites australis populations. *Aquatic Botany*, **69**, 109–126.
- Leuschner, C., K. Backes, D. Hertel, F. Schipka, U. Schmitt, O. Terborg, et M. Runge, 2001:** Drought responses at leaf, stem and fine root levels of competitive *Fagus sylvatica* L. and *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. trees in dry and wet years. *Forest Ecology & Management*, **149**, 33–46.
- Levin, L.A., D.F. Boesch, A. Covich, C. Dahm, C. Erseus, K.C. Ewel, R.T. Kneib, A. Moldenke, M.A. Palmer, P. Snelgrove, D. Strayer, et J.M. Weslawski, 2001:** The function of marine critical transition zones and the importance of sediment biodiversity [Compte rendu]. *Ecosystems*, **4**, 430–451.
- Levis, S., J.A. Foley, et D. Pollard, 1999:** Potential high-latitude vegetation feedbacks on CO₂-induced climate change. *Geophysical Research Letters*, **26**, 747–750.
- Lewis, C.F.M., D.L. Forbes, B.J. Todd, E. Nielsen, L.H. Thorleifson, P.J. Henderson, I. McMartin, T.W. Anderson, R.N. Betcher, W.M. Buhay, S.M. Burbidge, C.J. Schroder-Adams, J.W. King, K. Moran, C. Gibson, C.A. Jarrett, H.J. Kling, W.L. Lockhart, W.M. Last, G.L.D. Matile, J. Risberg, C.G. Rodrigues, A.M. Telka, et R.E. Vance, 2001:** Uplift-driven expansion delayed by middle Holocene desiccation in Lake Winnipeg, Manitoba, Canada. *Geology*, **29**, 743–746.
- Lewis, J.D., M. Lucash, D. Olszyk, et D.T. Tingey, 2001:** Seasonal patterns of photosynthesis in Douglas fir seedlings during the third and fourth year of exposure to elevated CO₂ and temperature. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 539–548.
- Lexer, M.J. et K. Honninger, 2001:** A modified 3D-patch model for spatially explicit simulation of vegetation composition in heterogeneous landscapes [Compte rendu]. *Forest Ecology & Management*, **144**, 43–65.
- Li, C., M.D. Flannigan, et I.G.W. Corns, 2000:** Influence of potential climate change on forest landscape dynamics of west-central Alberta. *Canadian Journal of Forest Research Journal Canadien de la Recherche*.
- Li, D.M. et Z.W. Guo, 2000:** Some aspects of ecological modeling developments in China. *Ecological Modelling*, **132**, 3–10.
- Liu, H.Y., H.T. Cui, et Y.M. Huang, 2001:** Detecting Holocene movements of the woodland-steppe ecotone in northern China using discriminant analysis. *Journal of Quaternary Science*, **16**, 237–244.
- Loehle, C., 2000:** Forest ecotone response to climate change: sensitivity to temperature response functional forms. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 1632–1645.
- Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J.P. Grime, A. Hector, D.U. Hooper, M.A. Huston, D. Raffaelli, et B. Schmid, 2001:** ECOLOGY: Biodiversity and Ecosystem Functioning—Current Knowledge and Future Challenges. *Science*, 804–810.
- Loya, Y., K. Sakai, K. Yamazato, Y. Nakano, H. Sambali, et R. van Woesik, 2001:** Coral bleaching: the winners and the losers. *Ecology Letters*, **4**, 122–131.
- Lugo, A.E., 2000:** Effects and outcomes of Caribbean hurricanes in a climate change scenario. *Science of the Total Environment*, **262**, 243–251.
- Lugo, A.E., 2001:** Biodiversity management in the 21st. century. *Interciencia*, **26**, 484 (en espagnol).
- Lundin, L., M. Aastrup, L. Bringmark, S. Brakenhielm, H. Hultberg, K. Johansson, K. Kindbom, H. Kvarnas, et S. Lofgren, 2001:** Impacts from deposition on Swedish forest ecosystems identified by integrated monitoring. *Water, Air, & Soil Pollution*, **130**, 1031–1036.
- Luo, Y., B. Medlyn, D. Hui, D. Ellsworth, J. Reynolds, et G. Katul, 2001:** Gross primary productivity in Duke Forest: Modeling synthesis of CO₂ experiment and eddy-flux data. *Ecological Applications*, **11**, 239–252.
- Luo, Y.Q., S.Q. Wan, D.F. Hui, et L.L. Wallace, 2001:** Acclimatization of soil respiration to warming in a tall grass prairie. *Nature*, **413**, 622–625.
- Luo, Y.Q., L.H. Wu, J.A. Andrews, L. White, R. Matamala, K.V.R. Schafer, et W.H. Schlesinger, 2001:** Elevated CO₂ differentiates ecosystem carbon processes: Deconvolution analysis of Duke Forest FACE data. *Ecological Monographs*, **71**, 357–376.
- Lynch, A.H. et W.L. Wu, 2000:** Impacts of fire and warming on ecosystem uptake in the boreal forest. *Journal of Climate*, **13**, 2334–2338.
- Lyons, J., S.W. Trimble, et L.K. Paine, 2000:** Grass versus trees: Managing riparian areas to benefit streams of central North America [Compte rendu]. *Journal of the American Water Resources Association*, **36**, 919–930.
- Lyons, K.G. et M.W. Schwartz, 2001:** Rare species loss alters ecosystem function—Invasion resistance. *Ecology Letters*, **4**, 358–365.
- MacIver, D.C., 1998:** Atmospheric change and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 177–189.
- MacIver, D.C. et N. Urquizo, 2000:** Atmospheric change and biodiversity: Co-networks and networking. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 93–100.
- Makinen, H., P. Nojd, et K. Mielikainen, 2000:** Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest Research*, **30**, 769–777.
- Manchester, S.J. et J.M. Bullock, 2000:** The impacts of non-native species on UK biodiversity and the effectiveness of control [Compte rendu]. *Journal of Applied Ecology*, **37**, 845–864.
- Mark, A.F., K.J.M. Dickinson, et R.G.M. Hofstede, 2000:** Alpine vegetation, plant distribution, life forms, and environments in a perhumid New Zealand region: Oceanic and tropical high mountain affinities [Compte rendu]. *Arctic Antarctic & Alpine Research*, **32**, 240–254.
- Marsh, A.C.W., S. Poulton, et S. Harris, 2001:** The Yellow-necked Mouse *Apodemus flavicollis* in Britain: status and analysis of factors affecting distribution [Compte rendu]. *Mammal Review*, **31**, 203–227.
- Maruta, E. et T. Nakano, 1999:** The effects of environmental stresses on conifers in the subalpine area of the central Japan. *Japanese Journal of Ecology*, **49**, 293–300 (en japonais).
- Mason, O.K., P.M. Bowers, et D.M. Hopkins, 2001:** The early Holocene Milankovitch thermal maximum and humans: adverse conditions for the Denali complex of eastern Beringia. *Quaternary Science Reviews*, **20**, 525–548.
- Matejka, F., J. Roznovsky, et T. Hortalova, 1999:** Structure of the energy balance equation of a forest stand from the viewpoint of a potential climatic change. *Journal of Forest Science*, **45**, 385–391.
- Mayer, P.M. et S.M. Galatowitsch, 2001:** Assessing ecosystem integrity of restored prairie wetlands from species production-diversity relationships. *Hydrobiologia*, **443**, 177–185.
- Mazepa, V.S., 2000:** Dendroclimatic reconstruction of Summer Air Temperatures Since 1690 in Subarctic regions of Siberia. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 170–187 (en russe).
- McCarthy, J.P., 2001:** Ecological consequences of Recent Climate Change. *Conservation Biology*, **15**, 320–331.
- McCollin, D., L. Moore, et T. Sparks, 2000:** The flora of a cultural landscape: environmental determinants of change revealed using archival sources. *Biological Conservation*, **92**, 249–263.
- McGlone, M.S., 2001:** A late Quaternary pollen record from marine core P69, southeastern North Island, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics*, **44**, 69–77.
- McGlone, M.S., 2001:** The origin of the indigenous grasslands of southeastern South Island in relation to pre-human woody ecosystems. *New Zealand Journal of Ecology*, **25**, 1–15.
- McMichael, A.J., 2001:** Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proceedings of the Nutrition Society*, **60**, 195–201.
- McMurtrie, R.E., B.E. Medlyn, et R.C. Dewar, 2001:** Increased understanding of nutrient immobilization in soil organic matter is critical for predicting the carbon sink strength of forest ecosystems over the next 100 years. *Tree Physiology*, **21**, 831–839.
- McNulty, S.G. et J.D. Aber, 2001:** US national climate change assessment on forest ecosystems: An introduction. *Bioscience*, **51**, 720–722.
- Medlyn, B.E., R.E. McMurtrie, R.C. Dewar, et M.P. Jeffreys, 2000:** Soil processes dominate the long-term response of forest net primary productivity to increased temperature and atmospheric CO₂ concentration. *Canadian Journal of Forest Research*.
- Mermut, A.R. et H. Eswaran, 2001:** Some major developments in soil science since the mid-1960s. *Geoderma*, **100**, 403–426.
- Mertens, S., I. Nijs, M. Heuer, F. Kockelbergh, L. Beyens, A. Van Kerckvoorde, et I. Impens, 2001:** Influence of high temperature on end-of-season tundra CO₂ exchange. *Ecosystems*, **4**, 226–236.
- Meyer, G.A., 2001:** Recent large-magnitude floods and their impact on valley-floor environments of northeastern Yellowstone. *Geomorphology*, **40**, 271–290.

- Middelkoop, H., K. Daamen, D. Gellens, W. Grabs, J.C.J. Kwadijk, H. Lang, B. Parmet, B. Schadler, J. Schulla, et K. Wilke, 2001:** Impact of climate change on hydrological regimes and water resources management in the Rhine basin. *Climatic Change*, **49**, 105–128.
- Middelkoop, H. et J.C.J. Kwadijk, 2001:** Towards integrated assessment of the implications of global change for water management—The Rhine experience. *Physics & Chemistry of the Earth Part B—Hydrology Oceans & Atmosphere*, **26**, 553–560.
- Middleton, E.M., J.R. Herman, E.A. Celarier, J.W. Wilkinson, C. Carey, et R.J. Rusin, 2001:** Evaluating ultraviolet radiation exposure with satellite data at sites of amphibian declines in Central and South America. *Conservation Biology*, **15**, 914–929.
- Miglietta, F., M.R. Hoosbeek, J. Foot, F. Gigon, A. Hassinen, M. Heijmans, A. Peressotti, T. Saarinen, N. van Breemen, et B. Wallen, 2001:** Spatial and temporal performance of the MiniFACE (Free Air CO₂ Enrichment) system on bog ecosystems in northern and central Europe. *Environmental Monitoring & Assessment*, **66**, 107–127.
- Milchunas, D.G. et W.K. Lauenroth, 2001:** Belowground primary production by carbon isotope decay and longterm root biomass dynamics. *Ecosystems*, **4**, 139–150.
- Mind'as, J., J. Skvarenina, K. Strelcova, et T. Priwitz, 2000:** Influence of climatic changes on Norway spruce occurrence in the West Carpathians. *Journal of Forest Science*, **46**, 249–259.
- Mirschel, W., A. Schultz, et K.O. Wenkel, 2001:** Assessing the impact of land use intensity and climate change on ontogenesis, biomass production, and yield of northeast German agro-landscapes Tenhunen JD, Lenz R, Hantschel R. *Ecosystem Approaches To Landscape Management In Central Europe*, **147**, 299–313.
- Mitchell, S.W. et F. Csillag, 2001:** Assessing the stability and uncertainty of predicted vegetation growth under climatic variability: northern mixed grass prairie. *Ecological Modelling*, **139**, 101–121.
- Mittelbach, G.G., C.F. Steiner, S.M. Scheiner, K.L. Gross, H.L. Reynolds, R.B. Waide, M.R. Willig, S.I. Dodson, et L. Gough, 2001:** What is the observed relationship between species richness and productivity? *Ecology*, **82**, 2381–2396.
- Miyaniishi, K. et E.A. Johnson, 2001:** Comment—A re-examination of the effects of fire suppression in the boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, **31**, 1462–1466.
- Moayeri, M., F.R. Meng, P.A. Arp, et N.W. Foster, 2001:** Evaluating critical soil acidification loads and exceedances for a deciduous forest at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, **4**, 555–567.
- Mooney, H.A. et R.J. Hobbs, 2000:** *Invasive species in a changing world*. Island Press, Washington.
- Moorcroft, P.R., G.C. Hurtt, et S.W. Pacala, 2001:** A method for scaling vegetation dynamics: The ecosystem demography model (ED) [Compte rendu]. *Ecological Monographs*, **71**, 557–585.
- Moore, P.D., 1997:** More evidence that global climate change can reduce biodiversity. *Fisheries*, **22**, 50–51.
- Moore, J.L., S.M. Howden, G.M. McKeon, J.O. Carter, et J.C. Scanlan, 2001:** The dynamics of grazed woodlands in southwest Queensland, Australia and their effect on greenhouse gas emissions. *Environment International*, **27**, 147–153.
- Morgan, J.A., D.R. LeCain, A.R. Mosier, et D.G. Milchunas, 2001:** Elevated CO₂ enhances water relations and productivity and affects gas exchange in C₃ and C₄ grasses of the Colorado shortgrass steppe. *Global Change Biology*, **7**, 451–466.
- Morgan, M.G., L.F. Pitelka, et E. Shevliakova, 2001:** Elicitation of expert judgments of climate change impacts on forest ecosystems. *Climatic Change*, **49**, 279–307.
- Morgan, P., C.C. Hardy, T.W. Swetnam, M.G. Rollins, et D.G. Long, 2001:** Mapping fire regimes across time and space: Understanding coarse and fine-scale fire patterns. *International Journal of Wildland Fire*, **10**, 329–342.
- Morita, S., 2000:** Effects of high air temperature on ripening in rice plants. Analysis of ripening performance under climate conditions by changing in cropping seasons and/or transferring pots from lowland to upland. *Japanese Journal of Crop Science*, **69**, 400–405 (en japonais).
- Morrison, I.K. et N.W. Foster, 2001:** Fifteen-year change in forest floor organic and element content and cycling at the Turkey Lakes Watershed. *Ecosystems*, **4**, 545–554.
- Morton, R.A., J.L. Gonzalez, G.I. Lopez, et I.D. Correa, 2000:** Frequent non-storm washover of barrier islands, Pacific coast of Colombia. *Journal of Coastal Research*, **16**, 82–87.
- Mosnaim, A., 2001:** Estimating CO₂ abatement and sequestration potentials for Chile. *Energy Policy*, **29**, 631–640.
- Moss, R., 2001:** Second extinction of capercaillie (*Tetrao urogallus*) in Scotland? *Biological Conservation*, **101**, 255–257.
- Moss, R., J. Oswald, et D. Baines, 2001:** Climate change and breeding success: decline of the capercaillie in Scotland. *Journal of Animal Ecology*, **70**, 47–61.
- Motta, R. et P. Nola, 2001:** Growth trends and dynamics in sub-alpine forest stands in the Varaita Valley (Piedmont, Italy) and their relationships with human activities and global change. *Journal of Vegetation Science*, **12**, 219–230.
- Mouillot, D., J.M. Culioli, J.B. Wilson, J.P. Froidello, F. Mouillot, A. Lepretre, et B. Marchand, 2001:** Number, length, area or biomass: Can there be intermediates? *Ecoscience*, **8**, 264–267.
- Mulder, C.P.H., J. Koricheva, K. Huss-Danell, P. Hogberg, et J. Joshi, 1999:** Insects affect relationships between plant species richness and ecosystem processes. *Ecology Letters*, **2**, 237–246.
- Mulder, C.P.H., D.D. Uliassi, et D.F. Doak, 2001:** Physical stress and diversity-productivity relationships: The role of positive interactions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 6704–6708.
- Mulder, P. et J. Van den Bergh, 2001:** Evolutionary economic theories of sustainable development [Compte rendu]. *Growth & Change*, **32**, 110–134.
- Munasinghe, M., 2001:** Exploring the linkages between climate change and sustainable development: A challenge for transdisciplinary research. *Conservation Ecology*, **5**, 303–311.
- Myers, A.A., 1997:** Biographic barriers and the development of marine biodiversity. *Estuarine Coastal Shelf Science*, **44**, 241–248.
- Myers, N., 1996:** The worlds forests—Problems and potentials [Compte rendu]. *Environmental Conservation*, **23**, 156–168.
- Naem, S., D.R. Hahn, et G. Schuurman, 2000:** Producer-decomposer co-dependency influences biodiversity effects. *Nature*, **403**, 762–764.
- Neff, J.C. et G.P. Asner, 2001:** Dissolved organic carbon in terrestrial ecosystems: Synthesis and a model [Compte rendu]. *Ecosystems*, **4**, 29–48.
- Nepstad, D., G. Carvalho, A.C. Barros, A. Alencar, J.P. Capobianco, J. Bishop, P. Moutinho, P. Lefebvre, U.L. Silva, et E. Prins, 2001:** Road paving, fire regime feedbacks, and the future of Amazon forests. *Forest Ecology & Management*, **154**, 395–407.
- Newman, Y.C., L.E. Sollenberger, K.J. Boote, L.H. Allen, et R.C. Littell, 2001:** Carbon dioxide and temperature effects on forage dry matter production. *Crop Science*, **41**, 399–406.
- Ni, J., X.S. Zhang, et J.M.O. Scurlock, 2001:** Synthesis and analysis of biomass and net primary productivity in Chinese forests. *Annals of Forest Science*, **58**, 351–384.
- Nicholson, S.E., 2001:** Climatic and environmental change in Africa during the last two centuries [Compte rendu]. *Climate Research*, **17**, 123–144.
- Nijs, I. et I. Impens, 2000:** Underlying effects of resource use efficiency in diversity-productivity relationships. *Oikos*, **91**, 204–208.
- Nijs, I. et I. Impens, 2000:** Biological diversity and probability of local extinction of ecosystems. *Functional Ecology*, **14**, 46–54.
- Nijs, I. et J. Roy, 2000:** How important are species richness, species evenness and interspecific differences to productivity? A mathematical model. *Oikos*, **88**, 57–66.
- Niklaus, P.A., E. Kandeler, P.W. Leadley, B. Schmid, D. Tschirko, et C. Körner, 2001:** A link between plant diversity, elevated CO₂ and soil nitrate. *Oecologia*, **127**, 540–548.
- Niklaus, P.A., P.W. Leadley, B. Schmid, et C. Körner, 2001:** A long-term field study on biodiversity x elevated CO₂ interactions in grassland. *Ecological Monographs*, **71**, 341–356.
- Norby, R.J., M.F. Cotrufo, P. Ineson, E.G. O'Neill, et J.G. Canadell, 2001:** Elevated CO₂, litter chemistry, and decomposition: a synthesis [Compte rendu]. *Oecologia*, **127**, 153–165.
- Norby, R.J., K. Ogle, P.S. Curtis, F.W. Badeck, A. Huth, G.C. Hurtt, T. Kohyama, et J. Penuelas, 2001:** Aboveground growth and competition in forest gap models: An analysis for studies of climatic change [Compte rendu]. *Climatic Change*, **51**, 415–447.
- Norby, R.J., D.E. Todd, J. Fuels, et D.W. Johnson, 2001:** Allometric determination of tree growth in a CO₂-enriched sweetgum stand. *New Phytologist*, **150**, 477–487.
- Noss, R.F., 2001:** Beyond Kyoto: Forest management in a time of rapid climate change [Compte rendu]. *Conservation Biology*, **15**, 578–590.
- Novacek, M.J. et E.E. Cleland, 2001:** The current biodiversity extinction event: Scenarios for mitigation and recovery. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 5466–5470.

- Nystrom, M. et C. Folke, 2001: Spatial resilience of coral reefs [Compte rendu]. *Ecosystems*, **4**, 406–417.
- O'Brien, K.L., 1998: Tropical deforestation and climate change: What does the record reveal? *Professional Geographer*, **50**, 140–153.
- Oenema, O., G. Velthof, et P. Kuikman, 2001: Technical and policy aspects of strategies to decrease greenhouse gas emissions from agriculture. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 301–315.
- Ojima, D.S., B.O.M. Dirks, E.P. Glenn, C.E. Owensby, et J.O. Scurlock, 1993: Assessment of C budget for grasslands and drylands of the world. *Water, Air, & Soil Pollution*, **70**, 95–109.
- Olivo, M.D., E. Letthern, C.P. Ramos, et M. Sosa, 2001: Land loss at the Venezuelan coast due to sea level rise. *Interciencia*, **26**, 463 (en espagnol).
- Olsson, P. et C. Folke, 2001: Local ecological knowledge and institutional dynamics for ecosystem management: A study of Lake Racken Watershed, Sweden. *Ecosystems*, **4**, 85–104.
- Oren, R., D.S. Ellsworth, K.H. Johnsen, N. Phillips, B.E. Ewers, C. Maier, K.V.R. Schafer, H. McCarthy, G. Hendrey, S.G. McNulty, et G.G. Katul, 2001: Soil fertility limits carbon sequestration by forest ecosystems in a CO₂-enriched atmosphere. *Nature*, **411**, 469–472.
- Ottersen, G., B. Planque, A. Belgrano, E. Post, P.C. Reid, et N.C. Stenseth, 2001: Ecological effects of the North Atlantic Oscillation [Compte rendu]. *Oecologia*, **128**, 1–14.
- Pakeman, R.J., M.G. Le Duc, et R.H. Marrs, 2000: Bracken distribution in Great Britain: Strategies for its control and the sustainable management of marginal land. *Annals of Botany*, **85**, 37–46.
- Panario, D. et G. Pineiro, 1997: Vulnerability of oceanic dune systems under wind pattern change scenarios in Uruguay. *Climate Research*, **9**, 67–72.
- Panyushkina, I.P. et D.V. Ovchinnikov, 1999: Influence of climate on radial growth dynamics of larch in Altai Mountains. *Lesovedenie*, **6**, 22–32 (en russe).
- Pardos, J.A., 1999: Ante un cambio climático: papel de los montes arbolados y los productos forestales en la retención del carbono. *Fuera de ser*, **1**, 93–99 (en espagnol).
- Park, C., 1994: Environmental issues [Compte rendu]. *Progress in Physical Geography*, **18**, 411–424.
- Parsons, D.J., A.C. Armstrong, J.R. Turnpenney, A.M. Matthews, K. Cooper, et J.A. Clark, 2001: Integrated models of livestock systems for climate change studies. 1. Grazing systems. *Global Change Biology*, **7**, 93–112.
- Pavlov, A.V. et G.F. Gravis, 2000: Permafrost and modern climate. *Nature (Russia)*, **4**, 10–18 (en russe).
- Pearce, D., 1999: Economic analysis of global environmental issues: global warming, stratospheric ozone and biodiversity. *Handbook of Environmental and Resource Economics*.
- Pearson, D.L. et S.S. Carroll, 2001: Predicting patterns of tiger beetle (Coleoptera : Cicindelidae) species richness in northwestern South America. *Studies on Neotropical Fauna & Environment*, **36**, 125–136.
- Perez-Harguindeguy, N., S. Diaz, J.H.C. Cornelissen, F. Vendramini, M. Cabido, et A. Castellanos, 2000: Chemistry and toughness predict leaf litter decomposition rates over a wide spectrum of functional types and taxa in central Argentina. *Plant & Soil*, **218**, 21–30.
- Perlack, R.D., R.L. Graham, et A.M.G. Prasad, 1993: Land-use management and carbon sequestering in sub-saharan africa. *Journal of Environmental Systems*, **22**, 199–210.
- Petchey, O.L., P.T. McPhearson, T.M. Casey, et P.J. Morin, 1999: Environmental warming alters food-web structure and ecosystem function. *Nature*, **402**, 69–72.
- Petchey, O.L., 2000: Species diversity, species extinction, and ecosystem function. *American Naturalist*, **155**, 696–702.
- Peters, H.A., B. Baur, F. Bazzaz, et C. Korner, 2000: Consumption rates and food preferences of slugs in a calcareous grassland under current and future CO₂ conditions. *Oecologia*, **125**, 72–81.
- Peterson, C.J., 2000: Catastrophic wind damage to North American forests and the potential impact of climate change. *Science of the Total Environment*, **262**, 287–311.
- Peterson, A.T., V. Sanchez-Cordero, J. Soberon, J. Bartley, R.W. Buddemeier, et A.G. Navarro-Siguenza, 2001: Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. *Ecological Modelling*, **144**, 21–30.
- Phoenix, G.K., D. Gwynn-Jones, T.V. Callaghan, D. Sleep, et J.A. Lee, 2001: Effects of global change on a subarctic heath: effects of enhanced UV-B radiation and increased summer precipitation. *Journal of Ecology*, **89**, 256–267.
- Pichler, A., 1999: What is the influence of climate change on alpine zone? *Osterr. Forst-Ztg*, **110**, 15–16 (en allemand).
- Pilliod, D.S. et C.R. Peterson, 2001: Local and landscape effects of introduced trout on amphibians in historically fishless watersheds. *Ecosystems*, **4**, 322–333.
- Pintado, A., L.G. Sancho, et F. Valladares, 2001: The influence of microclimate on the composition of lichen communities along an altitudinal gradient in the maritime Antarctic. *Symbiosis*, **31**, 69–84.
- Pitman, A.J., T.B. Durbridge, A. Hendersonsellers, et K. McGuffie, 1993: Assessing climate model sensitivity to prescribed deforested landscapes. *International Journal of Climatology*, **13**, 879–898.
- Plantinga, A.J. et T. Mauldin, 2001: A method for estimating the cost of CO₂ mitigation through afforestation. *Climatic Change*, **49**, 21–40.
- Poiani, K.A. et W.C. Johnson, 1993: Potential effects of climate change on a semi-permanent prairie wetland. *Climatic Change*, **24**, 213–232.
- Polle, A., I. McKee, et L. Blaschke, 2001: Altered physiological and growth responses to elevated CO₂ in offspring from holm oak (*Quercus ilex* L.) mother trees with lifetime exposure to naturally elevated CO₂. *Plant, Cell & Environment*, **24**, 1075–1083.
- Polley, H.W., 1997: Implications of rising atmospheric carbon dioxide concentration for rangelands [Compte rendu]. *Journal of Range Management*, **50**, 562–577.
- Polsen, M., 1997: *Comparison of plant species diversity between Hill-evergreen forest and different ages of swidden area of Karen and Lisu in Mae Taeng Watershed, Changwat Chiang Mai*. M.S. thesis (Forestry), Bangkok, Kasetsart University.
- Polsky, C. et W.E. Easterling, 2001: Adaptation to climate variability and change in the US Great Plains: A multi-scale analysis of Ricardian climate sensitivities. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **85**, 133–144.
- Polyak, V.J. et Y. Asmerom, 2001: Late Holocene climate and cultural changes in the southwestern United States. *Science*, **294**, 148–151.
- Porter, W.P., S. Budaraju, W.E. Stewart, et N. Ramankutty, 2000: Calculating climate effects on birds and mammals: Impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. *American Zoologist*, **40**, 597–630.
- Potter, B.E., R.M. Teclaw, et J.C. Zasada, 2001: The impact of forest structure on near-ground temperatures during two years of contrasting temperature extremes. *Agricultural & Forest Meteorology*, **106**, 331–336.
- Price, D.T. et M.J. Apps, 1996: Boreal forest responses to climate-change scenarios along an ecoclimatic transect in central Canada. *Climatic Change*, **34**, 179–190.
- Price, M.V. et N.M. Waser, 2000: Responses of subalpine meadow vegetation to four years of experimental warming. *Ecological Applications*, **10**, 811–823.
- Price, D.T., N.E. Zimmermann, P.J. van der Meer, M.J. Lexer, P. Leadley, I.T.M. Jorritsma, J. Schaber, D.F. Clark, P. Lasch, S. McNulty, J.G. Wu, et B. Smith, 2001: Regeneration in gap models: Priority issues for studying forest responses to climate change [Compte rendu]. *Climatic Change*, **51**, 475–508.
- Prieur-Richard, A.H., S. Lavorel, K. Grigulis, et A. Dos Santos, 2000: Plant community diversity and invasibility by exotics: invasion of Mediterranean old fields by *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. *Ecology Letters*, **3**, 412–422.
- Pringle, C.M., 2001: Hydrologic connectivity and the management of biological reserves: A global perspective [Compte rendu]. *Ecological Applications*, **11**, 981–998.
- Pritchard, S.G., H.H. Rogers, M.A. Davis, E. Van Santen, S.A. Prior, et W.H. Schlesinger, 2001: The influence of elevated atmospheric CO₂ on fine root dynamics in an intact temperate forest. *Global Change Biology*, **7**, 829–837.
- Peñuelas, J. et I. Filella, 2001: Penology: Responses to a warming world. *Science*, **294**, 793–795.
- Peñuelas, J., I. Filella, et P. Comas, 2002: Changed plant and animal life cycles from 1952–2000 in the Mediterranean region. *Global Change Biology*, in press.
- Pussinen, A., T. Karjalainen, S. Kellomaki, et R. Makipaa, 1997: Potential contribution of the forest sector to carbon sequestration in Finland. *Biomass & Bioenergy*, **13**, 377–387.
- Qian, H. et R.E. Ricklefs, 2000: Large-scale processes and the Asian bias in species diversity of temperate plants. *Nature*, **407**, 180–182.
- Rajora, O.P. et A. Mosseler, 2001: Challenges and opportunities for conservation of forest genetic resources. *Euphytica*, **118**, 197–212.

- Randolph, S.E.**, 2001: The shifting landscape of tick-borne zoonoses: tick-borne encephalitis and Lyme borreliosis in Europe. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London—Series B: Biological Sciences*, **356**, 1045–1056.
- Rasse, D.P.**, L. Francois, M. Aubinet, A.S. Kowalski, I. Vande Walle, E. Laitat, et J.C. Gerard, 2001: Modelling short-term CO₂ fluxes and long-term tree growth in temperate forests with ASPECTS. *Ecological Modelling*, **141**, 35–52.
- Ravindranath, N.H.** et R. Sukumar, 1998: Climate change and tropical forests in India. *Climatic Change*, **39**, 563–581.
- Reaser, J.K.**, R. Pomeroy, et P.O. Thomas, 2000: Coral bleaching and global climate change: Scientific findings and policy recommendations. *Conservation Biology*, **14**, 1500–1511.
- Rees, M.**, R. Condit, M. Crawley, S. Pacala, et D. Tilman, 2001: Long-term studies of vegetation dynamics. *Science*, **293**, 650–655.
- Rehfeldt, G.E.**, W.R. Wyckoff, et C.C. Ying, 2001: Physiologic plasticity, evolution, and impacts of a changing climate on *Pinus contorta*. *Climatic Change*, **50**, 355–376.
- Reich, P.B.**, J. Knops, D. Tilman, J. Craine, D. Ellsworth, M. Tjoelker, T. Lee, D. Wedin, S. Naeem, D. Bahaouddin, G. Hendrey, S. Jose, K. Wragge, J. Goth, et W. Bengtson, 2001: Plant diversity enhances ecosystem responses to elevated CO₂ and nitrogen deposition. *Nature*, **410**, 809–812.
- Reich, P.B.**, D. Tilman, J. Craine, D. Ellsworth, M.G. Tjoelker, J. Knops, D. Wedin, S. Naeem, D. Bahaouddin, J. Goth, W. Bengtson, et T.D. Lee, 2001: Do species and functional groups differ in acquisition and use of C, N and water under varying atmospheric CO₂ and N availability regimes? A field test with 16 grassland species. *New Phytologist*, **150**, 435–448.
- Ren, G.**, 2000: Regional difference of holocene vegetation change and the possible migration of major trees in Northeast China. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, **17**, 155–163.
- Riedo, M.**, D. Gyalistras, A. Grub, M. Rosset, et J. Fuhrer, 1997: Modelling grassland responses to climate change and elevated CO₂. *Acta Oecologica International Journal of Ecology*, **18**, 305–311.
- Riedo, M.**, D. Gyalistras, et J. Fuhrer, 2001: Pasture responses to elevated temperature and doubled CO₂ concentration: assessing the spatial pattern across an alpine landscape. *Climate Research*, **17**, 19–31.
- Rodríguez, J.P.**, 2001: Exotic species introductions as a challenge for the conservation of South American biodiversity. *Interciencia*, **26**, 479 (en espagnol).
- Roelandt, C.**, 2001: Coupled simulation of potential natural vegetation, terrestrial carbon balance and physical land-surface properties with the ALBIOL model. *Ecological Modelling*, **143**, 191–214.
- Rogers, A.D.**, 2000: The role of the oceanic oxygen minima in generating biodiversity in the deep sea [Compte rendu]. *Deep Sea Research Part II Topical Studies in Oceanography*.
- Rogers, C.E.** et J.P. McCarty, 2000: Climate change and ecosystems of the Mid-Atlantic Region. *Climate Research*, **14**, 235–244.
- Roshier, D.A.**, P.H. Whetton, R.J. Allan, et A.I. Robertson, 2001: Distribution and persistence of temporary wetland habitats in arid Australia in relation to climate. *Austral Ecology*, **26**, 371–384.
- Roubik, D.W.**, 2001: Ups and downs in pollinator populations: When is there a decline? *Conservation Ecology*, **5**, 27–55.
- Rouget, M.**, D.M. Richardson, S.J. Milton, et D. Polakow, 2001: Predicting invasion dynamics of four alien *Pinus* species in a highly fragmented semi-arid shrubland in South Africa. *Plant Ecology*, **152**, 79–92.
- Roy, P.S.** et S. Tomar, 2001: Landscape cover dynamics pattern in Meghalaya. *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 3813–3825.
- Rudel, T.K.**, 2001: Sequestering carbon in tropical forests: Experiments, policy implications, and climatic change [Compte rendu]. *Society & Natural Resources*, **14**, 525–531.
- Ruess, L.**, A. Michelsen, I.K. Schmidt, et S. Jonasson, 1999: Simulated climate change affecting microorganisms, nematode density and biodiversity in subarctic soils. *Plant & Soil*, **212**, 63–73.
- Ruess, L.**, I.K. Schmidt, A. Michelsen, et S. Jonasson, 2001: Manipulations of a microbial based soil food web at two arctic sites—Evidence of species redundancy among the nematode fauna? *Applied Soil Ecology*, **17**, 19–30.
- Rustad, L.**, 2001: Global change—Matter of time on the prairie. *Nature*, **413**, 578–579.
- Rustad, L.E.**, J.L. Campbell, G.M. Marion, R.J. Norby, M.J. Mitchell, A.E. Hartley, J.H.C. Cornelissen, et J. Gurevitch, 2001: A meta-analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization, and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming [Compte rendu]. *Oecologia*, **126**, 543–562.
- Sahagian, D.**, 2000: Global physical effects of anthropogenic hydrological alterations: sea level and water redistribution. *Global & Planetary Change*, **25**, 39–48.
- San Jose, J.J.** et R.A. Montes, 2001: Management effects on carbon stocks and fluxes across the Orinoco Savannas [Compte rendu]. *Forest Ecology & Management*, **150**, 293–311.
- Sanchez, P.A.**, 2000: Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **82**, 371–383.
- Sankaran, M.** et S.J. McNaughton, 1999: Determinants of biodiversity regulate compositional stability of communities. *Nature*, **401**, 691–693.
- Sauerbeck, D.R.**, 2001: CO₂ emissions and C sequestration by agriculture—Perspectives and limitations. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 253–266.
- Sax, D.F.**, 2001: Latitudinal gradients and geographic ranges of exotic species: implications for biogeography. *Journal of Biogeography*, **28**, 139–150.
- Scarascia-Mugnozza, G.**, H. Oswald, P. Piussi, et K. Radoglou, 2000: Forests of the Mediterranean region: gaps in knowledge and research needs. *Forest Ecology & Management*, **132**, 97–109.
- Scherer-Lorenzen, M.**, 2000: Plant invasion in Germany: General aspects and impact of nitrogen deposition. In: *Invasive species in a changing world* [Mooney, H.A. et R.J. Hobbs (eds.)]. Island Press, Washington, 351–368.
- Schindler, D.E.**, R.A. Knapp, et P.R. Leavitt, 2001: Alteration of nutrient cycles and algal production resulting from fish introductions into mountain lakes. *Ecosystems*, **4**, 308–321.
- Schlapfer, F.**, 1999: Expert estimates about effects of biodiversity on ecosystem processes and services. *Oikos*, **84**, 346–352.
- Schlapfer, F.** et B. Schmid, 1999: Ecosystem effects of biodiversity: A classification of hypotheses and exploration of empirical results. *Ecological Applications*, **9**, 893–912.
- Schmid, B.**, A. Birrer, et C. Lavigne, 1996: Genetic variation in the response of plant populations to elevated CO₂ in a nutrient-poor, calcareous grassland. In: *Carbon dioxide, populations, and communities* [Körner, C. et F.A. Bazzaz (eds.)]. Academic Press, San Diego, 31–50.
- Schneck, V.** et H. Hertel, 1999: Scotch pine, *Pinus sylvestris* L. under climatic stress in different landscapes. *Ber. Landwirtschaft.*, **77**, 134–136 (en allemand).
- Schneider, L.C.**, A.P. Kinzig, E.D. Larson, et L.A. Solorzano, 2001: Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **84**, 207–226.
- Scholes, R.J.** et I.R. Noble, 2001: Climate change—Storing carbon on land. *Science*, **294**, 1012–1013.
- Scholz, F.** et M. Liesebach, 1999: Climate and forestry—Contribution of research into forest ecosystems. *Berichte Über Landwirtschaft*, **77**, 59–64 (en allemand).
- Schuur, E.A.G.**, 2001: The effect of water on decomposition dynamics in mesic to wet Hawaiian montane forests. *Ecosystems*, **4**, 259–273.
- Schwalm, C.R.** et A.R. Ek, 2001: Climate change and site: relevant mechanisms and modeling techniques. *Forest Ecology & Management*, **150**, 241–257.
- Schwartz, M.W.**, C.A. Bringham, J.D. Hoeksema, K.G. Lyons, M.H. Mills, et P.J. van Mantgem, 2000: Linking biodiversity to ecosystem function: implications for conservation ecology [Compte rendu]. *Oecologia*, **122**, 297–305.
- Schwartz, M.W.**, L.R. Iverson, et A.M. Prasad, 2001: Predicting the potential future distribution of four tree species in Ohio using current habitat availability and climatic forcing. *Ecosystems*, **4**, 568–581.
- Semazzi, F.H.M.** et Y. Song, 2001: A GCM study of climate change induced by deforestation in Africa. *Climate Research*, **17**, 169–182.
- Shafer, C.L.**, 1999: National park and reserve planning to protect biological diversity: some basic elements [Compte rendu]. *Landscape & Urban Planning*, **44**, 123–153.
- Shafer, S.L.**, P.J. Bartlein, et R.S. Thompson, 2001: Potential changes in the distributions of western North America tree and shrub taxa under future climate scenarios. *Ecosystems*, **4**, 200–215.

- Shao, G.F., H. Bugmann, et X.D. Yan, 2001: A comparative analysis of the structure and behavior of three gap models at sites in northeastern China. *Climatic Change*, **51**, 389–413.
- Sharon, R., G. Degani, et M. Warburg, 2001: Comparing the soil macrofauna in two oak-wood forests: does community structure differ under similar ambient conditions? *Pedobiologia*, **45**, 355–366.
- Shashkin, E.A. et E.A. Vaganov, 2000: Dynamics of tree trunk section areas in different places in Siberia in context of global temperature change. *Lesovedenie*, **3**, 3–11 (en russe).
- Shennan, I., M. Tooley, F. Green, J. Innes, K. Kennington, J. Lloyd, et M. Rutherford, 1998: Sea level, climate change and coastal evolution in Morar, northwest Scotland. *Geologie en Mijnbouw*, **77**, 247–262.
- Sherman, K., 2000: Why regional coastal monitoring for assessment of ecosystem health? *Ecosystem Health*, **6**, 205–216.
- Sherriff, R.L., T.T. Veblen, et J.S. Sibold, 2001: Fire history in high elevation subalpine forests in the Colorado Front Range. *Ecoscience*, **8**, 369–380.
- Shibata, H., H. Mitsuhashi, Y. Miyake, et S. Nakano, 2001: Dissolved and particulate carbon dynamics in a cool-temperate forested basin in northern Japan. *Hydrological Processes*, **15**, 1817–1828.
- Shoji, K. et I.S.F. Jones, 2001: The costing of carbon credits from ocean nourishment plants. *Science of the Total Environment*, **277**, 27–31.
- Silver, W.L. et R.K. Miya, 2001: Global patterns in root decomposition: comparisons of climate and litter quality effects. *Oecologia*, **129**, 407–419.
- Simberloff, D., 2000: Global climate change and introduced species in United States forests. *Science of the Total Environment*, **262**, 253–261.
- Singer, D.K., S.T. Jackson, B.J. Madsen, et D.A. Wilcox, 1996: Differentiating climatic and successional influences on long-term development of a marsh. *Ecology*, **77**, 1765–1778.
- Skiles, J.W. et J.D. Hanson, 1994: Responses of arid and semiarid watersheds to increasing carbon dioxide and climate change as shown by simulation studies. *Climatic Change*, **26**, 377–397.
- Slaymaker, O., 2001: Why so much concern about climate change and so little attention to land use change? *Canadian Geographer—Geographe Canadien*, **45**, 71–78.
- Small, E.E., L.C. Sloan, et D. Nychka, 2001: Changes in surface air temperature caused by desiccation of the Aral Sea. *Journal of Climate*, **14**, 284–299.
- Smith, C.R., M.C. Austen, G. Boucher, C. Heip, P.A. Hutchings, G.M. King, I. Koike, P.J.D. Lambshead, et P. Snelgrove, 2000: Global change and biodiversity linkages across the sediment-water interface. *Bioscience*, **50**, 1108–1120.
- Smith, J., K. Mulongoy, R. Persson, et J. Sayer, 2000: Harnessing carbon markets for tropical forest conservation: towards a more realistic assessment. *Environmental Conservation*, **27**, 300–311.
- Smith, S.D., T.E. Huxman, S.F. Zitzer, T.N. Charlet, D.C. Housman, J.S. Coleman, L.K. Fenstermaker, J.R. Seemann, et R.S. Nowak, 2000: Elevated CO₂ increases productivity and invasive species success in an arid ecosystem. *Nature*, **408**, 79–82.
- Smith, F., 2001: Historical regulation of local species richness across a geographic region. *Ecology*, **82**, 792–801.
- Smith, J.B. et J.K. Lazo, 2001: A summary of climate change impact assessments from the US Country studies program. *Climatic Change*, **50**, 1–29.
- Smith, M.D. et A.K. Knapp, 2001: Physiological and morphological traits of exotic, invasive exotic, and native plant species in tallgrass prairie. *International Journal of Plant Sciences*, **162**, 785–792.
- Smith, P., K.W. Goulding, K.A. Smith, D.S. Powlson, J.U. Smith, P. Falloon, et K. Coleman, 2001: Enhancing the carbon sink in European agricultural soils: including trace gas fluxes in estimates of carbon mitigation potential. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, **60**, 237–252.
- Smithers, J. et A. Blay-Palmer, 2001: Technology innovation as a strategy for climate adaptation in agriculture. *Applied Geography*, **21**, 175–197.
- Snelgrove, P., T.H. Blackburn, P.A. Hutchings, D.M. Alongi, J.F. Grassle, H. Hummel, G. King, I. Koike, P.J.D. Lambshead, N.B. Ramsing, et V. Solisweiss, 1997: The importance of marine sediment biodiversity in ecosystem processes. *Ambio*, **26**, 578–583.
- Spehn, E.M., J. Joshi, B. Schmid, M. Diemer, et C. Körner, 2000: Above-ground resource use increases with plant species richness in experimental grassland ecosystems. *Functional Ecology*, **14**, 326–337.
- Stallard, R.F., 2001: Possible environmental factors underlying amphibian decline in eastern Puerto Rico: Analysis of US government data archives. *Conservation Biology*, **15**, 943–953.
- Steinfeld, J.I., 2001: Climate change and energy options: decision making in the midst of uncertainty. *Fuel Processing Technology*, **71**, 121–129.
- Stephan, A., A.H. Meyer, et B. Schmid, 2000: Plant diversity affects culturable soil bacteria in experimental grassland communities. *Journal of Ecology*, **88**, 988–998.
- Sternberg, M., V.K. Brown, G.J. Masters, et I.P. Clarke, 1999: Plant community dynamics in a calcareous grassland under climate change manipulations. *Plant Ecology*, **143**, 29–37.
- Sternberg, L.D.L., 2001: Savanna-forest hysteresis in the tropics. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 369–378.
- Stocks, B.J., M.A. Fosberg, M.B. Wotton, T.J. Lynham, et K.C. Ryan, 2000: Climate change and forest fire activity in North American boreal forests. *Fire, Climate Change, And Carbon*.
- Stohlgren, T.J., A.J. Owen, et M. Lee, 2000: Monitoring shifts in plant diversity in response to climate change: a method for landscapes. *Biodiversity & Conservation*, **9**, 65–86.
- Stolte, K.W., 2001: Forest Health Monitoring and Forest Inventory Analysis programs monitor climate change effects in forest ecosystems. *Human & Ecological Risk Assessment*, **7**, 1297–1312.
- Stork, N.E., 2001: The management implications of canopy research. *Plant Ecology*, **153**, 313–317.
- Strengbom, J., A. Nordin, T. Nasholm, et L. Ericson, 2001: Slow recovery of boreal forest ecosystem following decreased nitrogen input. *Functional Ecology*, **15**, 451–457.
- Sullivan, G. et J.B. Zedler, 1999: Functional redundancy among tidal marsh halophytes: a test. *Oikos*, **84**, 246–260.
- Sutherst, R.W., 2001: The vulnerability of animal and human health to parasites under global change. *International Journal for Parasitology*, **31**, 933–948.
- Sykes, M.T., 2001: Modelling the potential distribution and community dynamics of lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl. ex Loud.) in Scandinavia. *Forest Ecology & Management*, **141**, 69–84.
- Symstad, A.J., 2000: A test of the effects of functional group richness and composition on grassland invasibility. *Ecology*, **81**, 99–109.
- Symstad, A.J. et D. Tilman, 2001: Diversity loss, recruitment limitation, and ecosystem functioning: lessons learned from a removal experiment. *Oikos*, **92**, 424–435.
- Talkkari, A., 1998: The development of forest resources and potential wood yield in finland under changing climatic conditions. *Forest Ecology & Management*, **106**, 97–106.
- Tenow, O., A.C. Nilssen, B. Holmgren, et F. Elverum, 1999: An insect (*Argyresthia retinella*, Lep., Yponomeutidae) outbreak in northern birch forests, released by climatic changes? *Journal of Applied Ecology*, **36**, 111–122.
- Theurillat, J.P. et A. Guisan, 2001: Potential impact of climate change on vegetation in the European Alps: A review [Compte rendu]. *Climatic Change*, **50**, 77–109.
- Thompson, I.D., M.D. Flannigan, B.M. Wotton, et R. Suffling, 1998: The effects of climate change on landscape diversity—An example in ontario forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 213–233.
- Tierney, G.L., T.J. Fahey, P.M. Groffman, J.P. Hardy, R.D. Fitzhugh, et C.T. Driscoll, 2001: Soil freezing alters fine root dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochemistry*, **56**, 175–190.
- Tilman, D., 1999: The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, **80**, 1455–1474.
- Tilman, D., 1999: Ecology—Diversity and production in European grasslands. *Science*, **286**, 1099–1100.
- Tilman, D., 1999: Global environmental impacts of agricultural expansion: The need for sustainable and efficient practices. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **96**, 5995–6000.
- Tilman, D., J. Fargione, B. Wolff, C. D'Antonio, A. Dobson, R. Howarth, D. Schindler, W.H. Schlesinger, D. Simberloff, et D. Swackhamer, 2001: Forecasting agriculturally driven global environmental change. *Science*, **292**, 281–284.
- Tilman, D. et C. Lehman, 2001: Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity and evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 5433–5440.

- Tilman, D.**, P.B. Reich, J. Knops, D. Wedin, T. Mielke, et C. Lehman, 2001: Diversity and productivity in a long-term grassland experiment. *Science*, **294**, 843–845.
- Timmerman, P.**, 1998: Disembodied and disembedded—The social and economic implications of atmospheric change and biodiversity. *Environmental Monitoring & Assessment*, **49**, 111–122.
- Tinker, P.B.**, J.S.I. Ingram, et S. Struwe, 1996: Effects of slash-and-burn agriculture and deforestation on climate change. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **58**, 13–22.
- Tinner, W.** et A.F. Lotter, 2001: Central European vegetation response to abrupt climate change at 8.2 ka. *Geology*, **29**, 551–554.
- Trewavas, A.J.**, 2001: The population/biodiversity paradox. Agricultural efficiency to save wilderness. *Plant Physiology*, **125**, 174–179.
- Troumbis, A.Y.** et D. Memtsas, 2000: Observational evidence that diversity may increase productivity in Mediterranean shrublands. *Oecologia*, **125**, 101–108.
- UNEP/CBD/SBSTTA/6/11** (2000): Biological Diversity and Climate Change, Including Cooperation with the United Framework Convention on Climate Change. See: <www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-06/official/sbstta-06-11-en.doc>
- UNEP/CBD/SBSTTA/7/7** (2001): Main Theme: Forest Biological Diversity. Consideration of specific threats to forest biological diversity: (a) climate change, (b) human-induced uncontrolled forest fires, (c) impact of unsustainable harvesting of non-timber forest resources, including bushmeat and living botanical resources. See: www.biodiv.org/doc/meetings/sbstta/sbstta-07/official/sbstta-07-07-en.doc
- UNEP/CBD/AHTEG-BDCC/1/2** (2001): Review of the Impact of Climate Change on Forest Biological Diversity. See: www.biodiv.org/doc/meetings/tegcc/tegcc-01/official/tegcc-01-02-en.doc
- Uri, N.D.**, 2001: The potential impact of conservation practices in US agriculture on global climate change. *Journal of Sustainable Agriculture*, **18**, 109–131.
- Ustin, S.L.** et Q.F. Xiao, 2001: Mapping successional boreal forests in interior central Alaska. *International Journal of Remote Sensing*, **22**, 1779–1797.
- Utset, A.** et M. Borroto, 2001: A modeling-GIS approach for assessing irrigation effects on soil salinisation under global warming conditions. *Agricultural Water Management*, **50**, 53–63.
- Vaganov, E.A.** et M.K. Hughes, 2000: Tree Rings and the Global Carbon Cycle. *Problems of Ecological Monitoring and Ecosystem Modelling*, **17**, 34–53 (en russe).
- van Groenendael, J.**, J. Ehrlen, et B.M. Svensson, 2000: Dispersal and persistence: Population processes and community dynamics. *Folia Geobotanica*, **35**, 107–114.
- Van Kooten, G.C.** et G. Hauer, 2001: Global climate change: Canadian policy and the role of terrestrial ecosystems. *Canadian Public Policy*, **27**, 267–278.
- Vancura, K.** et V. Sramek (eds.), 1999: *Effect of global climate change on boreal and temperate forests. Workshop proc., Jiloviste by Prague, Czech Rep.*, Oct. 10–14, 1994. IUFRO, FAO, Forestry and game management research institute, Prague, 187 pp.
- VanderMeulen, M.A.**, A.J. Hudson, et S.M. Scheiner, 2001: Three evolutionary hypotheses for the hump-shaped productivity-diversity curve. *Evolutionary Ecology Research*, **3**, 379–392.
- Vazquez, A.** et J.M. Moreno, 2001: Spatial distribution of forest fires in Sierra de Gredos (Central Spain). *Forest Ecology & Management*, **147**, 55–65.
- Venalainen, A.**, H. Tuomenvirta, M. Heikinheimo, S. Kellomaki, H. Peltola, H. Strandman, et H. Vaisanen, 2001: Impact of climate change on soil frost under snow cover in a forested landscape. *Climate Research*, **17**, 63–72.
- Verdonschot, P.F.M.**, 2000: Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. *Hydrobiologia*, **422**, 389–412.
- Vine, E.L.**, J.A. Sathaye, et W.R. Makundi, 2001: An overview of guidelines and issues for the monitoring, evaluation, reporting, verification, and certification of forestry projects for climate change mitigation. *Global Environmental Change—Human & Policy Dimensions*, **11**, 203–216.
- Vitousek, P.M.**, 1994: Beyond global warming—Ecology and global change. *Ecology*, **75**, 1861–1876.
- Vucetich, J.A.**, D.D. Reed, A. Breymeyer, M. Degorski, G.D. Mroz, J. Solon, E. Roo-Zielinska, et R. Noble, 2000: Carbon pools and ecosystem properties along a latitudinal gradient in northern Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests. *Forest Ecology & Management*, **136**, 135–145.
- Wadsworth, R.** et R. Swetnam, 1998: Modelling the impact of climate warming at the landscape scale—Will bench terraces become economically and ecologically viable structures under changed climates. *Agriculture Ecosystems & Environment*, **68**, 27–39.
- Waide, R.B.**, M.R. Willig, C.F. Steiner, G. Mittelbach, L. Gough, S.I. Dodson, G.P. Juday, et R. Parmenter, 1999: The relationship between productivity and species richness. *Annual Review of Ecology and Systematics*, **30**, 257–300.
- Waiser, M.J.**, 2001: Nutrient limitation of pelagic bacteria and phytoplankton in four prairie wetlands. *Archiv fur Hydrobiologie*, **150**, 435–455.
- Waldman, M.** et Y. Shevah, 2000: Biological diversity—An overview. *Water, Air, & Soil Pollution*, **123**, 299–310.
- Wali, M.K.**, F. Evrendilek, T.O. West, S.E. Watts, D. Pant, H.K. Gibbs, et B.E. McClead, 1999: Assessing terrestrial ecosystem sustainability: Usefulness of regional carbon and nitrogen models. *Nature & Resources*, **35**, 21–33.
- Walker, M.D.**, P.J. Webber, E.H. Arnold, et D. Ebertmay, 1994: Effects of interannual climate variation on aboveground phytomass in alpine vegetation. *Ecology*, **75**, 393–408.
- Wang, F.T.** et Z.C. Zhao, 1995: Impact of climate change on natural vegetation in china and its implication for agriculture. *Journal of Biogeography*, **22**, 657–664.
- Wang, G.**, J. Qian, G. Cheng, et Y. Lai, 2001: Eco-environmental degradation and causal analysis in the source region of the Yellow River. *Environmental Geology*, **40**, 884–890.
- Ward, D.**, K. Feldman, et Y. Avni, 2001: The effects of loess erosion on soil nutrients, plant diversity and plant quality in Negev desert wadis. *Journal of Arid Environments*, **48**, 461–473.
- Wardle, D.A.**, 1999: Is ‘sampling effect’ a problem for experiments investigating biodiversity-ecosystem function relationships? *Oikos*, **87**, 403–407.
- Watkinson, A.R.** et S.J. Ormerod, 2001: Grasslands, grazing and biodiversity: editors’ introduction. *Journal of Applied Ecology*, **38**, 233–237.
- WBGU**, 2001: World in transition: *Conservation and sustainable use of the Biosphere*. Earthscan Publications Ltd, Londres et Sterling VA, 451 pp.
- Webb, T.**, 1988: Vegetation history of eastern North America. In: *Vegetation History* [Huntley, B. et T. Webb (eds.)]. Kluwer Academic Publishers, 385–414.
- Weckstrom, J.** et A. Korhola, 2001: Patterns in the distribution, composition and diversity of diatom assemblages in relation to ecoclimatic factors in Arctic Lapland. *Journal of Biogeography*, **28**, 31–45.
- Weider, L.J.** et A. Hobaek, 2000: Phylogeography and arctic biodiversity: a review. *Annales Zoologici Fennici*, **37**, 217–231.
- Weishampel, J.F.**, J.R. Godin, et G.M. Henebry, 2001: Pantropical dynamics of ‘intact’ rain forest canopy texture. *Global Ecology & Biogeography Letters*, **10**, 389–397.
- Weltzin, J.F.**, C. Harth, S.D. Bridgman, J. Pastor, et M. Vonderharr, 2001: Production and microtopography of bog bryophytes: response to warming and water-table manipulations. *Oecologia*, **128**, 557–565.
- White, A.**, M.G.R. Cannell, et A.D. Friend, 2000: CO₂ stabilization, climate change and the terrestrial carbon sink. *Global Change Biology*, **6**, 817–833.
- White, A.**, M.G.R. Cannell, et A.D. Friend, 2000: The high-latitude terrestrial carbon sink: a model analysis. *Global Change Biology*, **6**, 227–245.
- White, T.A.**, B.D. Campbell, P.D. Kemp, et C.L. Hunt, 2000: Sensitivity of three grassland communities to simulated extreme temperature and rainfall events. *Global Change Biology*, **6**, 671–684.
- White, T.A.**, B.D. Campbell, P.D. Kemp, et C.L. Hunt, 2001: Impacts of extreme climatic events on competition during grassland invasions. *Global Change Biology*, **7**, 1–13.
- Whitlock, C.** et S.H. Millspaugh, 2001: A paleoecologic perspective on past plant invasions in Yellowstone. *Western North American Naturalist*, **61**, 316–327.
- Whittaker, R.J.**, K.J. Willis, et R. Field, 2001: Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity. *Journal of Biogeography*, **28**, 453–470.

- Wiemken, V., E. Laczko, K. Ineichen, et T. Boller, 2001:** Effects of elevated carbon dioxide and nitrogen fertilization on mycorrhizal fine roots and the soil microbial community in beech-spruce ecosystems on siliceous and calcareous soil. *Microbial Ecology*, **42**, 126–135.
- Wilf, P., C.C. Labandeira, K.R. Johnson, P.D. Coley, et A.D. Cutter, 2001:** Insect herbivory, plant defense, and early Cenozoic climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **98**, 6221–6226.
- Williams, J.R., 1999:** Addressing global warming and biodiversity through forest restoration and coastal wetlands creation. *Science of the Total Environment*, **240**, 1–9.
- Williams, J.E., 2000:** The biodiversity crisis and adaptation to climate change: A case study from Australia's forests. *Environmental Monitoring & Assessment*, **61**, 65–74.
- Williams, A.A.J., D.J. Karoly, et N. Tapper, 2001:** The sensitivity of Australian fire danger to climate change. *Climatic Change*, **49**, 171–191.
- Williams, S.L., 2001:** Reduced genetic diversity in eelgrass transplantations affects both population growth and individual fitness [Compte rendu]. *Ecological Applications*, **11**, 1472–1488.
- Wilsey, B.J., 2001:** Effects of elevated CO₂ on the response of *Phleum pratense* and *Poa pratensis* to aboveground defoliation and root-feeding nematodes. *International Journal of Plant Sciences*, **162**, 1275–1282.
- Wirmann, D., J. Bertaux, et A. Kossoni, 2001:** Late Holocene paleoclimatic changes in Western Central Africa inferred from mineral abundance in dated sediments from Lake Ossa (southwest Cameroon). *Quaternary Research*, **56**, 275–287.
- Wiser, S.K., R.B. Allen, P.W. Clinton, et K.H. Platt, 1998:** Community structure and forest invasion by an exotic herb over 23 years. *Ecology*, **79**, 2071–2081.
- Wiser, S.K., P.J. Bellingham, et L.E. Burrows, 2001:** Managing biodiversity information: development of New Zealand's National Vegetation Survey databank [Compte rendu]. *New Zealand Journal of Ecology*, **25**, 1–17.
- Wolters, V., W.L. Silver, D.E. Bignell, D.C. Coleman, P. Lavelle, W.H. Van der Putten, P. De Ruiter, J. Rusek, D.H. Wall, D.A. Wardle, L. Brussaard, J.M. Dangerfield, V.K. Brown, K.E. Giller, D.U. Hooper, O. Sala, J. Tiedje, et J.A. Van Veen, 2000:** Effects of global changes on above- and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: Implications for ecosystem functioning. *Bioscience*, **50**, 1089–1098.
- Wright, S.J., C. Carrasco, O. Calderon, et S. Paton, 1999:** The El Niño Southern Oscillation variable fruit production, and famine in a tropical forest. *Ecology*, **80**, 1632–1647.
- Wullschleger, S.D., R.B. Jackson, W.S. Currie, A.D. Friend, Y. Luo, F. Mouillot, Y. Pan, et G.F. Shao, 2001:** Below-ground processes in gap models for simulating forest response to global change. *Climatic Change*, **51**, 449–473.
- Xu, Q., 2001:** Abrupt change of the mid-summer climate in central east China by the influence of atmospheric pollution. *Atmospheric Environment*, **35**, 5029–5040.
- Yamaguchi, T., K. Kiritani, K. Matsuhira, et K. Fukuda, 2001:** The influence of unusual hot weather on the occurrence of several arthropod crop pests. *Japanese Journal of Applied Entomology & Zoology*, **45**, 1–7 (en japonais).
- Young, B.E., K.R. Lips, J.K. Reaser, R. Ibanez, A.W. Salas, J.R. Cedeno, L.A. Coloma, S. Ron, E. La Marca, J.R. Meyer, A. Munoz, F. Bolanos, G. Chaves, et D. Romo, 2001:** Population declines and priorities for amphibian conservation in Latin America [Compte rendu]. *Conservation Biology*, **15**, 1213–1223.
- Yue, T.X., J.Y. Liu, S.E. Jorgensen, Z.Q. Gao, S.H. Zhang, et X.Z. Deng, 2001:** Changes of Holdridge life zone diversity in all of China over half a century. *Ecological Modelling*, **144**, 153–162.
- Zalakevicius, M. et R. Zalakeviciute, 2001:** Global climate change impact on birds: a review of research in Lithuania [Compte rendu]. *Folia Zoologica*, **50**, 1–17.
- Zhang, X., 1995:** Response of the Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau to global change. In: *China Global Change Report No.2* [Duzheng, Y. et L. Hai (eds.)]. China Contribution to Global Change Studies, Science Press, Beijing, Chine, 203–207.
- Zhang, Q. et C.O. Justice, 2001:** Carbon emissions and sequestration potential of central African ecosystems. *Ambio*, **30**, 351–355.
- Zhao, X.Q. et X.M. Zhou, 1999:** Ecological basis of Alpine meadow ecosystem management in Tibet: Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station. *Ambio*, **28**, 642–647.
- Zhou, L.M., C.J. Tucker, R.K. Kaufmann, D. Slayback, N.V. Shabanov, et R.B. Myneni, 2001:** Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999. *Journal of Geophysical Research—Atmospheres*, **106**, 20069–20083.
- Zolbrod, A.N. et D.L. Peterson, 1999:** Response of high-elevation forests in the Olympic Mountains to climatic change. *Canadian Journal of Forest Research*, **29**, 1966–1978.

Annexe B

GLOSSAIRE

Le présent glossaire contient des termes utilisés dans le Document technique; les définitions ont été en général obtenues à partir du Document de synthèse, des contributions des Groupes de travail I, II et III au Troisième rapport d'évaluation, et du Rapport spécial sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et la foresterie. Les termes en italiques sont des rubriques indépendantes dans le présent glossaire.

Absorption

Adjonction d'une substance préoccupante dans un *réservoir*. L'absorption de substances contenant du carbone, en particulier du *dioxyde de carbone*, est souvent dénommée piégeage (du carbone). Voir également *Piégeage*.

Activité

Pratique ou ensemble de pratiques qui ont lieu sur une zone délimitée et sur une période donnée.

Adaptation

Ajustement des systèmes naturels ou des *systèmes humains* face à un nouvel environnement ou un environnement changeant. L'adaptation aux *changements climatiques* indique l'ajustement des systèmes naturels ou humains en réponse à des *stimuli* climatiques présents ou futurs ou à leurs effets, afin d'atténuer les effets néfastes ou d'exploiter des opportunités bénéfiques. On distingue divers types d'adaptation, notamment l'adaptation anticipée et réactive, l'adaptation publique et privée, et l'adaptation autonome et planifiée.

Aérosols

Ensemble de particules solides ou liquides en suspension dans l'air, d'une grosseur type entre 0,01 et 10 mm, qui demeurent dans l'*atmosphère* au minimum pendant plusieurs heures. Les aérosols peuvent avoir une origine naturelle ou *anthropique*. Ils peuvent influencer sur le *climat* de deux façons: directement, en diffusant et absorbant les rayons, et indirectement, en constituant des noyaux de condensation pour la formation des nuages ou en modifiant les propriétés optiques et la durée de vie des nuages.

Affaissement

Abaissement soudain ou progressif de la surface terrestre, avec peu ou pas de mouvement horizontal.

Affectation des terres

Ensemble des activités et interventions entreprises dans un certain type de couverture terrestre (un ensemble de mesures d'intervention humaines). Les objectifs sociaux et économiques de la gestion des terres (pâturages, exploitation forestière et conservation, par exemple).

Agroforesterie

Plantations d'arbres et de cultures sur une même terre.

Albédo

Fraction du *rayonnement solaire* réfléchi par une surface ou par un objet, souvent exprimée sous forme de pourcentage. Les surfaces couvertes de neige ont un albédo élevé; les sols peuvent avoir un albédo faible ou élevé; les surfaces couvertes de végétation et les océans ont un albédo faible. L'albédo de la terre varie, principalement en raison des variations de la couverture nuageuse, la neige, la glace, les surfaces foliaires, et les changements de la couverture terrestre.

Alpine

Zone biogéographique composée de pentes montagneuses situées au-dessus de la limite de la zone des forêts et caractérisée par la présence de plantes herbacées en rosettes et de plantes ligneuses arbustives basses à croissance lente.

Anthropique

Résultant des activités humaines ou produit par les êtres humains.

Aquaculture

Culture et élevage de poissons, coquillages, etc., ou culture de plantes en milieux aquatiques spéciaux à des fins alimentaires.

Aquifère

Couche de roche perméable contenant de l'eau. Un aquifère libre est réalimenté directement par les précipitations locales, les rivières et les lacs; la vitesse de réalimentation est influencée par la perméabilité des roches et sols supérieurs. Un aquifère non libre est caractérisé par une couche supérieure imperméable et, dans ce cas, les précipitations locales sont sans effet sur l'aquifère.

Atmosphère

Enveloppe gazeuse de la terre. L'atmosphère sèche est composée presque entièrement d'azote (rapport de mélange au volume de 78,1%) et d'oxygène (rapport de mélange au volume de 20,9%), ainsi que de plusieurs gaz à l'état de traces, tels que l'argon (rapport de mélange au volume 0,93%), l'hélium, et des gaz à effet de serre qui influent sur le rayonnement, tels que le *dioxyde de carbone* (rapport de mélange au volume de 0,035%) et l'ozone. L'atmosphère contient également de la vapeur d'eau, en quantités extrêmement variables, mais en général dans un rapport de mélange au volume de 1%, ainsi que des nuages et des *aérosols*.

Atténuation

Intervention *anthropique* pour réduire les *sources* ou augmenter les *puits* de gaz à effet de serre.

Bassin

Zone d'écoulement d'un fleuve, d'une rivière ou d'un lac.

Bassin versant

Zone de réception et d'évacuation des eaux de pluie.

Bénéfices accessoires

Effets accessoires ou auxiliaires de mesures d'intervention visant exclusivement à l'*atténuation des changements climatiques*. Ces mesures ont des incidences non seulement sur les *émissions de gaz à effet de serre*, mais également sur l'efficacité de l'utilisation des ressources; par exemple, la réduction des émissions de polluants atmosphériques au niveau local et régional associées à l'utilisation des *combustibles fossiles*, et, dans des domaines tels que le transport, l'agriculture, les pratiques d'*affectation des terres*, l'emploi, et la sécurité des combustibles. Ces bénéfices sont quelquefois intitulés « incidences accessoires » afin d'indiquer que, dans certains cas, ces bénéfices peuvent être négatifs. Dans le cadre des mesures visant à diminuer la pollution atmosphérique locale, l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre peut être également considérée comme un bénéfice accessoire; cependant, la présente évaluation n'examine pas ces liens. Voir aussi *Co-bénéfices*.

Biocombustible

Combustible obtenu à partir de matière organique sèche ou d'huiles combustibles d'origine végétale. L'alcool (obtenu par la fermentation du sucre), la boue noire résultant du processus de fabrication du papier, le bois, et l'huile de soja, sont des exemples de biocombustibles.

Biodiversité

Nombre et abondance relatives de différents gènes (diversité génétique), espèces, et *écosystèmes (communautés)* dans une zone particulière. Ceci est cohérent avec la définition de la « biodiversité » par la *Convention des Nations unies sur la diversité biologique* qui figure à la Section 2.1 du présent document.

Biomasse

Poids ou volume total des organismes vivants dans une zone ou un volume donné; les plantes mortes récemment sont souvent incluses en tant que biomasse morte.

Biome

Groupe de communautés végétales et animales similaires au sein de grandes unités de paysage, qui se produisent dans des conditions environnementales similaires.

Biosphère (terrestre et marine)

Partie du système de la terre comprenant tous les *écosystèmes* et organismes vivants dans l'*atmosphère*, sur la terre (biosphère terrestre) ou dans les océans (biosphère marine), y compris la matière organique morte dérivée, telle que les déchets, la matière organique des sols et les détritiques des océans.

Biote

Ensemble de tous les organismes vivants d'un endroit donné; la flore et la faune considérées en tant qu'unité.

Blanchissement du corail

Blanchissement des coraux résultant de la disparition d'algues symbiotiques. Le blanchissement se produit en réponse à un choc physiologique à la suite de changements soudains de température, salinité, et turbidité.

Boisement

Plantation de nouvelles *forêts* sur des terres qui, d'un point de vue historique, n'en ont jamais contenues.

Calotte polaire

Masse de glace en forme de dôme recouvrant une zone d'altitude, d'une superficie beaucoup plus petite que celle d'un *inlandsis*.

Canevas narratif

Voir *Scénarios du RSSE*.

Capacité d'adaptation

Capacité d'ajustement d'un système face aux *changements climatiques* (y compris à la *variabilité climatique* et aux extrêmes climatiques) afin d'atténuer les effets potentiels, exploiter les opportunités, ou faire face aux conséquences.

Changements climatiques

Les changements climatiques désignent une variation statistiquement significative de l'état moyen du *climat* ou de sa variabilité persistant pendant de longues périodes (généralement, pendant des décennies ou plus). Les changements climatiques peuvent être dus à des processus internes naturels ou à des *forçages externes*, ou à des changements *anthropiques* persistants de la composition de l'*atmosphère* ou de l'*affectation des terres*. On notera que la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* (CCNUCC), dans son Article 1, définit les « changements climatiques » comme étant des « changements de climat qui sont attribués directement ou indirectement à une activité humaine altérant la composition de l'atmosphère mondiale et qui viennent s'ajouter à la variabilité naturelle du climat observée au cours de périodes comparables. » La CCNUCC fait ainsi une distinction entre les « changements climatiques » qui peuvent être attribués aux activités humaines altérant la composition de l'atmosphère, et la « variabilité climatique » due à des causes naturelles. Voir également *Variabilité climatique*.

Changements climatiques rapides

La non-linéarité du *système climatique* peut conduire à des *changements climatiques* rapides, quelquefois intitulés changements abrupts, ou même surprises. On peut imaginer certains de ces phénomènes abrupts, par exemple une réorganisation fondamentale de la circulation thermohaline, une déglaciation rapide ou une fonte massive du *pergélisol* entraînant des changements rapides du *cycle du carbone*. D'autres peuvent être véritablement inattendus, et résulter du forçage puissant, à évolution rapide, d'un système non linéaire.

Changements d'affectation des terres

Changement de l'affectation ou de la gestion des terres par les humains, pouvant entraîner un changement de la couverture terrestre. La couverture terrestre et les changements d'affectation des terres peuvent avoir des incidences sur l'*albédo*, l'*évapotranspiration*, les *sources*, et les *puits de gaz à effet de serre*, ou sur d'autres propriétés du *système climatique*, et, peuvent donc avoir des répercussions locales ou mondiales sur le *climat*.

Circulation générale

Mouvements à grande échelle de l'*atmosphère* et des océans à la suite du réchauffement différentiel sur une terre en rotation, visant à restaurer l'*équilibre énergétique* du système par le transfert thermique et l'effet de mouvement.

Climat

Au sens étroit du terme, climat désigne en général le « temps moyen », ou plus précisément une description statistique en termes de moyennes et de variabilité de grandeurs pertinentes sur des périodes allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. La période type est de trente ans, d'après la définition de l'Organisation Météorologique Mondiale (OMM). Ces quantités pertinentes sont le plus souvent des variables de surface telles que la température, les précipitations et le vent. Au sens large du terme, climat désigne l'état du *système climatique*, y compris une description statistique de celui-ci.

Co-bénéfices

Bénéfices de politiques, y compris l'*atténuation des changements climatiques*, mises en œuvre en même temps pour diverses raisons, reconnaissant que la plupart des politiques visant à atténuer les *gaz à effet de serre* ont également d'autres principes, aussi importants (objectifs connexes de développement, de durabilité, et d'équité, par exemple). Le terme co-incidences est également utilisé dans un sens plus général pour inclure les aspects positifs et négatifs des bénéfices. Voir également *Bénéfices accessoires*.

Combustibles fossiles

Combustibles à base de carbone provenant de dépôts de carbone fossile, dont le charbon, le pétrole et le gaz naturel.

Communauté

Espèces (ou populations de ces espèces) existant ensemble dans l'espace et dans le temps, bien que ceci ne puisse pas être séparé des *écosystèmes*.

Convention des Nations unies sur la diversité biologique (CNUDB)

La Convention a été signée en 1992 lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro par plus de cent soixante pays. Ses objectifs, dont la réalisation sera conforme à ses dispositions pertinentes, sont la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments, et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. La Convention est entrée en vigueur en 1992.

Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC)

La Convention a été adoptée le 9 mai 1992 à New York et signée en 1992 lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro par plus de cent cinquante pays et par la Communauté européenne. Son objectif ultime est de « stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique ». Elle contient des engagements pour toutes les Parties. Conformément à la Convention, les Parties figurant à l'Annexe I visent à ramener les émissions de gaz à effet de serre non réglementés par le Protocole de Montréal à leurs niveaux de 1990 d'ici l'an 2000. La Convention est entrée en vigueur en mars 1994. Voir également *Protocole de Kyoto*.

Coût d'opportunité

Coût d'une activité économique à laquelle on renonce pour en choisir une autre.

Coût social

Le coût social d'une activité inclut la *valeur* de toutes les res-

sources utilisées pour sa mise en œuvre. Certains de ces coûts ont un prix, d'autres non. Les *ressources* sans prix sont désignées sous le nom d'externalités. C'est la somme des coûts de ces externalités et des ressources avec prix qui constituent le coût social.

Couverture

Dans le contexte de l'atténuation des changements climatiques, la couverture est définie comme l'équilibre entre les risques d'une action trop lente et d'une action trop rapide, et dépend de l'attitude de la société vis-à-vis des risques.

Couverture terrestre

Couverture physique et biologique observée; peut être composée de végétation ou de structures artificielles.

Cryosphère

Composant du *système climatique* composé de la totalité de la neige, glace et *pergélisol* sur et au-dessous de la surface de la terre et des océans. Voir également *Glacier* et *Inlandsis*.

Cycle du carbone

Terme utilisé pour décrire le flux de carbone (sous diverses formes, telles que le *dioxyde de carbone*) dans l'*atmosphère*, les océans, la *biosphère* terrestre et la *lithosphère*.

Déboisement

Transformation d'une *forêt* en terre non forestière.

Dengue

Maladie virale infectieuse transmise par les moustiques; souvent dénommée « fièvre qui brise les os » en raison des douleurs intenses qu'elle provoque au niveau des articulations et du dos. Des infections ultérieures par le virus peuvent conduire à la dengue hémorragique (DHF) et au syndrome de choc dengue (DSS), qui peuvent être mortels.

Désert

Écosystème dans lequel les précipitations annuelles sont inférieures à 100 mm.

Désertification

Dégradation des terres dans des *zones arides, semi-arides*, et subhumides sèches en raison de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines. Par ailleurs, la Convention des Nations unies sur la lutte contre la désertification définit la dégradation des terres comme la diminution ou la disparition dans les zones arides, semi-arides et subhumides, de la productivité biologique ou économique et de la complexité des terres cultivées non irriguées, des terres cultivées irriguées, des parcours, des pâturages, des *forêts*, et des surfaces boisées du fait de l'*affectation des terres* ou d'un ou de plusieurs phénomènes, y compris des phénomènes dus aux activités humaines et aux modes de peuplement, tels que : (i) l'*érosion* des sols par le vent et/ou l'eau; (ii) la dégradation des propriétés physiques, chimiques et biologiques ou économiques des sols; et (iii) la disparition à long terme de la végétation naturelle.

Développement durable

Développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.

Dilatation thermique

Associé au niveau de la mer, ce terme désigne l'augmentation en volume (et la diminution en densité) qui résulte du réchauffement de l'eau. Un réchauffement des océans entraîne une dilatation du volume des océans et par conséquent une élévation du niveau de la mer.

Dioxyde de carbone (CO₂)

Gaz qui se produit naturellement, et qui est également le produit dérivé de la combustion des *combustibles fossiles* et de la *biomasse*, ainsi que des *changements d'affectation des terres* et autres processus industriels. C'est le principal gaz à effet de serre *anthropique* qui influe sur le *bilan radiatif* de la terre.

Échelle temporelle

Durée nécessaire à la réalisation d'un processus. Étant donné que de nombreux processus révèlent leurs effets tôt, puis se poursuivent progressivement jusqu'à leur terme sur une longue période, dans le contexte du présent document, l'échelle temporelle est définie numériquement comme le temps nécessaire à une perturbation dans un processus pour révéler au moins la moitié de son effet final.

Échelles spatiales et temporelles

Le *climat* peut varier sur une large fourchette d'échelles spatiales et temporelles. Les échelles spatiales peuvent aller des échelles locales (moins de 100 000 km²) ou régionales (100 000 à 10 millions de km²) jusqu'aux échelles continentales (10 à 100 millions de km²). Les échelles temporelles peuvent aller d'échelles saisonnières à des échelles géologiques (pouvant atteindre des centaines de millions d'années).

Économies en transition (EET)

Pays dont l'économie nationale est en transition, passant d'un système d'économie planifiée à une économie de marché.

Écosystème

Système d'organismes vivants dynamiques et en interaction (plantes, animaux, fungi et micro-organismes), ainsi que leur environnement physique. Les limites de ce que l'on peut appeler un écosystème sont quelque peu arbitraires, et dépendent du centre d'intérêt ou de l'étude. Par conséquent, l'étendue d'un écosystème peut aller de très petites *échelles spatiales* jusqu'à l'ensemble de la terre.

Écoulement fluvial

Débit de l'eau dans le lit d'une rivière ; en général exprimé en m³ sec⁻¹.

Effet de serre

Les gaz à effet de serre absorbent efficacement le *rayonnement infrarouge*, émis par la surface de la terre, par l'*atmosphère* elle-même en raison de ces gaz, et par les nuages. Le rayonnement atmosphérique est émis dans tous les sens, y compris vers le bas, vers la surface de la terre. Par conséquent, les gaz à effet de serre retiennent la chaleur dans le système surface-troposphère, un phénomène intitulé « effet de serre naturel ». Le rayonnement atmosphérique est étroitement associé à la température du niveau d'émission. Dans la *troposphère*, en général, la température diminue avec l'altitude. En fait, le rayonnement infrarouge émis vers l'espace provient d'une altitude ayant une température moyenne de -19°C, en équilibre avec le *rayonnement solaire* net entrant, alors que la surface de la terre est maintenue à une

température beaucoup plus élevée, en moyenne, +14°C. Une augmentation de la concentration des gaz à effet de serre augmente l'opacité infrarouge de l'atmosphère, et entraîne donc un rayonnement vers l'espace à une altitude plus élevée, à une température plus basse. Il en résulte un *forçage radiatif*, c'est-à-dire un déséquilibre qui ne peut être compensé que par une augmentation de la température du système surface-troposphère. Il s'agit de « l'augmentation de l'effet de serre ».

Efficacité énergétique

Rapport du rendement énergétique d'un processus de transformation ou d'un système à son intrant énergétique.

Effizienz d'utilisation de l'eau

Gain de carbone dans la *photosynthèse* par unité d'eau perdue par *évapotranspiration*. Peut être exprimée sur une base à court terme comme le rapport du gain de carbone photosynthétique par unité d'eau transpirationnelle perdue ou sur une base saisonnière comme le rapport de la *production primaire nette* ou du rendement agricole à la quantité d'eau disponible.

Élévation du niveau de la mer

Augmentation du niveau moyen de l'océan. Une élévation eustatique du niveau de la mer est un changement du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale dû à une modification du volume des océans mondiaux. Une élévation du *niveau de la mer relative* se produit lorsqu'il y a une augmentation nette du niveau de l'océan par rapport aux mouvements terrestres locaux. Les évaluations des modélisateurs en climatologie portent principalement sur le changement eustatique du niveau de la mer, alors que les spécialistes des *incidences* étudient plus particulièrement le changement du niveau de la mer relatif.

Émissions

Dans le contexte des *changements climatiques*, on entend par émissions, l'émission de *gaz à effet de serre* et/ou leurs *précurseurs* et les *aérosols* dans l'atmosphère au-dessus d'une zone et pendant une durée précises.

Endémique

Limité ou propre à un endroit ou à une région. En ce qui concerne la santé humaine, endémique peut se rapporter à une maladie ou un agent présent ou généralement prévalant en permanence au sein d'une population ou d'une zone géographique.

Énergie finale

Énergie fournie au consommateur à des fins de transformation en énergie utile (électricité fournie par une prise de courant, par exemple).

Équilibre énergétique

Moyenné à l'échelle mondiale, et sur de longues périodes de temps, le budget énergétique du *système climatique* doit être équilibré. Étant donné que la totalité de l'énergie du système climatique provient du soleil, mondialement, la quantité de *rayonnement solaire* en entrée doit être en moyenne égale au *rayonnement infrarouge* en sortie émis par le système climatique. Une perturbation de cet équilibre radiatif mondial, qu'elle soit anthropique ou naturelle, est intitulée *forçage radiatif*.

Équilibre radiatif

Voir *Équilibre énergétique*.

Érosion

Processus d'enlèvement et de transport du sol et de roche en raison des effets du climat, de la dégradation de masse et de l'action des cours d'eau, *glaciers*, vagues, vents et eaux souterraines.

Espèce invasive

Espèce native ou *étrangère* (localement) qui envahit les *habitats* naturels.

Espèces étrangères

Espèce présente dans une zone à l'extérieur de sa zone de répartition naturelle historique à la suite d'une dispersion accidentelle ou de l'introduction délibérée par les êtres humains (dites également « espèces exotiques » ou « espèces introduites »).

Eutrophisation

Processus par lequel une eau réceptrice (souvent peu profonde) devient (naturellement ou à cause de la pollution) riche en éléments nutritifs dissous, notamment l'azote et le phosphate, avec insuffisance saisonnière en oxygène dissous.

Évaluation des incidences (climatiques)

Pratique consistant à identifier et évaluer les conséquences néfastes et bénéfiques des *changements climatiques* sur les *systèmes humains* et naturels.

Évaporation

Processus de transformation d'un liquide en gaz.

Évapotranspiration

Processus combiné d'*évaporation* de la surface de la terre et de la *transpiration* de la végétation.

Expérience climatique à l'équilibre et transitoire

Une « expérience climatique à l'équilibre » est une expérience dans laquelle on laisse un *modèle climatique* s'ajuster complètement à des changements du *forçage radiatif*. Ces expériences fournissent des informations sur la différence entre l'état initial et final du modèle, mais non pas sur la réponse chronologique. La réponse chronologique d'un modèle climatique peut être analysée lorsqu'on laisse le forçage évoluer progressivement selon un *scénario d'émissions* prescrit. Il s'agit alors d'une « expérience climatique transitoire ».

Extinction

Disparition totale d'une espèce.

Fertilisation par le dioxyde de carbone (CO₂)

Amélioration de la croissance des végétaux à la suite de l'augmentation de la concentration atmosphérique de *dioxyde de carbone*. Selon leur processus de *photosynthèse*, certains types de plantes sont plus sensibles aux changements de la concentration atmosphérique de dioxyde de carbone.

Fibre

Bois, bois de chauffage (ligneux ou non-ligneux).

Forbe

Plante non ligneuse (herbacées, etc.).

Forçage externe

Voir *Système climatique*.

Forçage radiatif

Mesure de l'influence d'un facteur sur la modification de l'énergie d'entrée et de sortie dans le système Terre-atmosphère, et indice de l'importance de ce facteur en tant que mécanisme potentiel de changement climatique. Généralement exprimé en Watts par mètre carré (Wm²).

Forêt

Type de végétation dominé par les arbres. Un grand nombre de définitions du terme forêt sont utilisées à travers le monde, reflétant les différences importantes qui existent en matière de conditions biogéophysiques, structure sociale et conditions économiques.

Forêt boréale

Forêts de pins, épinettes, sapins et mélèzes s'étendant de la côte Est du Canada vers l'Ouest jusqu'à l'Alaska et continuant de la Sibérie vers l'Ouest sur toute l'étendue de la Russie jusqu'à la Plaine européenne.

Fourchette de températures diurnes

Écart entre la température maximale et minimale pendant un jour.

Fragmentation

Rupture d'une zone, d'un paysage ou d'un *habitat* en plusieurs entités discrètes et séparées, souvent à la suite d'un changement d'affectation des terres.

Gaz à effet de serre

Les *gaz à effet de serre* sont les composants gazeux de l'*atmosphère*, naturels et *anthropiques*, qui absorbent et émettent des radiations à des longueurs d'ondes spécifiques dans le spectre du *rayonnement infrarouge* émis par la surface de la terre, l'atmosphère, et les nuages. Cette propriété cause l'*effet de serre*. La vapeur d'eau (H₂O), le *dioxyde de carbone* (CO₂), l'*oxyde d'azote* (N₂O), le *méthane* (CH₄), et l'*ozone* (O₃) sont les principaux gaz à effet de serre dans l'atmosphère de la terre. Il existe également des gaz à effet de serre résultant uniquement des activités humaines, tels que les halocarbures et autres substances contenant du chlore et du bromure.

Géo-ingénierie

Action menée pour stabiliser le système climatique en gérant directement l'équilibre énergétique de la terre, et résoudre par là le problème de l'aggravation de l'*effet de serre*.

Glacier

Masse de glace terrestre descendante (en raison de la déformation interne et de la torsion à la base) et retenue par la topographie environnante (les flancs d'une vallée ou les sommets environnants, par exemple); la topographie des couches rocheuses est la principale influence sur la dynamique et la pente de surface d'un glacier. Un glacier est alimenté par la neige accumulée aux altitudes élevées, et équilibré par la fonte à basse altitude ou le déversement dans la mer.

Glissement de terrain

Entraînement vers le bas d'une masse de matériaux sous l'effet de la gravité, souvent aidé par l'eau lorsque le matériau est saturé; mouvement rapide d'une masse de sol, roches et débris le long d'une pente.

Grands pâturages libres

Prairies, terres arbustives, savanes et toundra non aménagées.

Habitat

Environnement ou cadre particulier dans lequel un organisme ou une espèce vit habituellement; partie d'un environnement total plus circonscrite localement.

Humidité du sol

Eau emmagasinée à la surface ou sous la surface du sol et susceptible de s'évaporer.

Hydrosphère

Composant du *système climatique* composé des eaux de surface et des eaux souterraines, telles que les océans, les mers, les fleuves, les lacs d'eau douce, les eaux souterraines, etc.

Incertitude

Expression du degré avec lequel une valeur (l'état futur du *système climatique*, par exemple) est inconnue. L'incertitude peut être due à un manque d'informations ou à un désaccord sur ce qui est connu, voire sur ce qui peut être connu. Elle peut avoir des origines diverses, depuis des erreurs quantifiables au niveau des données jusqu'à des concepts ou une terminologie aux définitions ambiguës ou des *projections* incertaines du comportement humain. L'incertitude peut donc être représentée par des mesures quantitatives (une fourchette de *valeurs* calculées par divers modèles, par exemple) ou par des énoncés qualitatifs (reflétant l'opinion d'un groupe d'experts).

Incidences (climatiques)

Conséquences des *changements climatiques* sur les *systèmes humains* et naturels. En fonction de l'adoption de mesures d'*adaptation*, on peut distinguer entre les incidences potentielles et les incidences résiduelles.

- Incidences potentielles: Toutes les incidences susceptibles de se produire dans le cas d'un changement climatique prévu, sans mesures d'adaptation.
- Incidences résiduelles: Les incidences des changements climatiques qui devraient se produire après adaptation.

Indice de chaleur

Combinaison de température et d'humidité mesurant les effets sur le confort des êtres humains.

Infrastructure

Équipements, services publics, entreprises de production, installations, institutions, et services de base indispensables au développement, au fonctionnement et à la croissance d'une organisation, d'une ville ou d'un pays. Les routes, écoles, compagnies d'électricité, de gaz et d'eau, systèmes de transport, de communication et les systèmes juridiques, par exemple, entrent dans le cadre de la définition d'une infrastructure.

Inlandsis

Masse de glace terrestre suffisamment épaisse pour recouvrir la plus grande partie de la topographie rocheuse au-dessous, et dont la forme est déterminée principalement par ses mouvements internes (mouvement de la glace qui se déforme à l'intérieur et glisse sur sa partie inférieure). Un inlandsis avance vers l'extérieur depuis un plateau central élevé et a une petite pente de surface moyenne. Ses marges sont fortement inclinées, et la glace est entraînée par des courants glaciaires rapides ou des

glaciers émissaires, vers la mer ou vers des *plates-formes de glace* flottant sur la mer. Il existe actuellement seulement deux grands inlandsis, l'inlandsis Groenlandais et l'inlandsis Antarctique, divisé en Est et Ouest par les Chaînes transantarctiques; les inlandsis étaient plus nombreux aux ères glaciaires.

Intervenants

Personne ou entité bénéficiant de subventions, concessions, ou tout autre type de *valeur* susceptible d'être affectée par une mesure ou une politique particulière.

Intrusion d'eau de mer/Empiètement côtier

Déplacement de l'eau douce de surface ou d'eau souterraine par l'avancée de l'eau de mer en raison de sa densité plus élevée, le plus souvent dans les zones côtières et estuariennes.

La Niña

Voir *Oscillation australe El Niño*.

Lithosphère

Partie supérieure de la terre solide, continentale et océanique, composée de l'ensemble des roches cristallines et de la partie froide, essentiellement élastique, de la partie supérieure du manteau. Bien que faisant partie de la lithosphère, l'activité volcanique n'est pas considérée comme faisant partie du *système climatique*, mais comme un facteur de *forçage externe*.

Maladie à transmission vectorielle

Maladie transmise entre des hôtes par un organisme *vecteur* tel que les moustiques ou les tiques (*paludisme*, *dengue* et *leishmaniose*, par exemple).

Maladies infectieuses

Toute maladie qui peut être transmise d'une personne à une autre. Elles peuvent se produire par contact physique direct, par manipulation commune d'un objet porteur d'organismes infectieux, par un porteur de maladie, ou par la diffusion de gouttelettes infectées expectorées ou expirées.

Marégraphe

Dispositif situé sur une côte (et dans certains emplacements en haute mer) qui mesure en permanence le niveau de la mer par rapport à la terre voisine. La moyenne dans le temps du niveau de la mer ainsi mesuré fournit les changements dans le temps du *niveau de la mer relatif* observés.

Méthane (CH₄)

Hydrocarbure qui est un *gaz à effet de serre* résultant de la décomposition anaérobie (sans oxygène) des déchets dans les décharges, la digestion animale, la décomposition des déchets animaux, la production et la distribution de gaz naturel et de pétrole, la production de charbon, et la combustion incomplète de combustibles fossiles. Le méthane est l'un des six *gaz à effet de serre* dont les émissions doivent être réduites conformément au *Protocole de Kyoto*.

Mise en œuvre

Désigne les mesures (législation ou réglementation, décrets judiciaires, ou autres mesures) prises au niveau gouvernemental pour traduire les accords internationaux en lois et politiques internes. Sont inclus les événements et activités ultérieurs à la publication de directives faisant autorité, notamment les mesures administratives et les incidences majeures sur les per-

sonnes et les événements. Il convient de distinguer entre la mise en œuvre légale des engagements internationaux (au niveau des lois nationales) et la mise en œuvre efficace (mesures qui provoquent des changements du comportement des groupes ciblés). La conformité concerne la question de savoir si, et dans quelle mesure, les pays adhèrent aux dispositions de l'accord. Il s'agit de vérifier non seulement si les mesures de mise en œuvre sont appliquées, mais également elles sont conformes aux décisions prises. On mesure ainsi le degré de conformité des intervenants visés par l'accord, qu'il s'agisse d'agences gouvernementales locales, d'entreprises, d'organisations ou de particuliers, par rapport aux mesures et obligations de mise en œuvre.

Mises en réserve

Zone ou masse terrestre réservée pour un but précis, souvent pour des projets de conservation ou de piégeage du carbone.

Modèle climatique (hiérarchie)

Représentation numérique du *système climatique* basée sur les propriétés physiques, chimiques et biologiques de ses composants, leurs processus d'interaction et de *rétroaction*, et représentant la totalité ou une partie de ses propriétés connues. Le système climatique peut être représenté par des modèles présentant divers niveaux de complexité — une « hiérarchie » de modèles peut être identifiée pour un composant individuel ou un ensemble de composants, et ces modèles présentent des différences telles que le nombre de dimensions spatiales, l'étendue de la représentation explicite des processus physiques, chimiques ou biologiques ou le degré d'inclusion des paramétrages empiriques. Des modèles de circulation générale couplés atmosphère/océan/glace marine (MCGAO) fournissent une représentation générale du système climatique. Il existe une évolution vers des modèles plus complexes à chimie et biologie actives. Les modèles climatiques sont des outils de recherche utilisés pour l'étude et la simulation du climat, mais également dans des buts opérationnels, notamment des *prévisions climatiques* mensuelles, saisonnières et interannuelles.

Modèle de circulation générale (MCG)

Voir *Modèle climatique*.

Mortalité

Taux d'occurrence des décès au sein d'une population sur une période donnée; le calcul de la mortalité tient compte des taux de décès par âges, et peut donc donner des indications sur l'espérance de vie et sur l'étendue des morts prématurées.

Mousson

Vent dans la circulation atmosphérique générale caractérisé par la direction d'un vent saisonnier persistant et par un changement marqué de direction d'une saison à l'autre (hiver à été).

Niveau de compréhension scientifique

Indice sur une échelle de quatre niveaux (élevée, moyenne, basse, et très basse) caractérisant le degré de compréhension scientifique des agents de *forçage radiatif* qui influent sur les *changements climatiques*. Pour chaque agent, l'indice représente un jugement subjectif quant à la fiabilité de l'estimation de son forçage, et fait entrer en jeu des facteurs tels que les hypothèses nécessaires à l'évaluation du forçage, l'étendue des connaissances des mécanismes physiques/chimiques qui déterminent le forçage, et les incertitudes relatives à l'estimation quantitative.

Niveau de la mer relatif

Niveau de la mer mesuré par un marégraphe par rapport à la terre sur laquelle il est situé. Voir également *Niveau moyen de la mer*.

Niveau moyen de la mer (NMM)

Le niveau moyen de la mer est normalement défini comme le *niveau de la mer relatif moyen* pendant une période donnée (un mois ou une année, par exemple), suffisamment longue pour permettre de faire une moyenne des phénomènes transitoires (vagues, par exemple). Voir également *Élévation du niveau de la mer*.

Normes

Ensemble de règles ou de codes imposant ou définissant la performance d'un produit (qualité, dimensions, caractéristiques, méthodes d'essai, et prescriptions concernant son usage, par exemple). Les normes internationales sur les produits et/ou la *technologie* ou la performance établissent des exigences minimum pour les produits et/ou les technologies concernés dans les pays où elles ont été adoptées. Les normes diminuent les émissions de *gaz à effet de serre* associées à la fabrication ou l'utilisation des produits et/ou l'application de la technologie.

Obstacles à l'accès du marché

Dans le contexte de l'*atténuation des changements climatiques*, les conditions qui empêchent ou freinent la diffusion de technologies ou de pratiques rentables susceptibles de réduire les émissions de *gaz à effet de serre*.

Onde de tempête

Augmentation provisoire, en un lieu donné, de la hauteur de la mer en raison de conditions météorologiques extrêmes (basse pression atmosphérique et/ou vents violents). L'onde de tempête est définie comme le dépassement de l'élévation normale du niveau de la mer sous l'effet de la marée à ce moment et en ce lieu donnés.

Opportunité

Une opportunité est une situation ou une circonstance permettant de réduire l'écart entre le *potentiel lié au marché* d'une *technologie* ou d'une pratique et le *potentiel économique*, le *potentiel socio-économique* ou le *potentiel technologique*.

Oscillation australe El Niño (ENSO)

Dans son sens originel, El Niño est un courant d'eaux chaudes qui circule périodiquement le long de la côte de l'Équateur et du Pérou, perturbant les pêcheries locales. Ce phénomène océanique est associé à une fluctuation du régime de pression de surface intertropicale et à la circulation dans l'Océan indien et le Pacifique, dénommée Oscillation australe. Collectivement, ce phénomène couplé atmosphère-océan est désigné sous le nom d'Oscillation australe El Niño, ou ENSO. Lorsqu'un phénomène El Niño se produit, les alizés dominants diminuent et le contre-courant équatorial se renforce; en conséquence, les eaux chaudes de surface dans la zone de l'Indonésie se déplacent vers l'est pour recouvrir les eaux froides du courant péruvien. Ce phénomène a des incidences importantes sur le vent, la température de la mer à la surface et les régimes de précipitations dans le Pacifique tropical. Il a des effets climatiques dans toute la région du Pacifique et dans nombre de régions du monde. L'inverse d'un phénomène El Niño est dénommé La Niña.

Oscillation de l'Atlantique Nord (OAN)

L'Oscillation de l'Atlantique Nord consiste en variations opposées de la pression barométrique près de l'Islande et près des Açores. En moyenne, un courant de l'Ouest, entre la zone de basse pression de l'Islande et la zone de haute pression des Açores, pousse des cyclones et leurs systèmes frontaux associés vers l'Europe. Cependant, la différence de pression entre l'Islande et les Açores fluctue sur des *échelles temporelles* allant de jours à des décennies, et peut quelquefois être inversée. C'est le mode dominant de *variabilité climatique* hivernale dans la région de l'Atlantique Nord, allant du centre de l'Amérique du Nord à l'Europe.

Oxyde nitreux (N₂O)

Puissant *gaz à effet de serre* dont les émissions résultent des pratiques de culture des sols, notamment de l'utilisation d'engrais commerciaux et organiques, de la combustion de combustibles fossiles, de la production d'acide nitrique, et de la combustion de la biomasse. Un des six *gaz à effet de serre* réglementés conformément au *Protocole de Kyoto*.

Oxydes d'azote (NO_x)

Tout oxyde de l'azote.

Paludisme (Malaria)

Maladie parasitaire *endémique* ou *épidémique* causée par des espèces du genre *Plasmodium* (protozoaire) et transmise par les moustiques du genre *Anopheles*; produit de fortes poussées de fièvre et des désordres systémiques, et provoque chaque année la mort de 2 millions de personnes.

Paysage

Groupe d'écosystèmes (forêts, fleuves, lacs, etc.) formant une entité visible pour les êtres humains.

Pergélisol

Sol gelé en permanence présent lorsque la température reste inférieure à 0°C pendant plusieurs années. (Permafrost, en anglais.)

Peuples locaux

Peuples ayant un mode de vie traditionnel (généralement rural), qu'ils soient ou non *autochtones* à la région.

Phénologie

Etude des phénomènes naturels qui se produisent périodiquement (efflorescences, migrations, etc.) et leurs rapports avec les changements climatiques et saisonniers.

Phénomène climatique extrême

Un phénomène climatique extrême est un phénomène qui est rare dans le cadre de sa distribution de référence statistique à un endroit spécifique. Les définitions de «rare» varient, mais un phénomène climatique extrême serait normalement aussi rare ou plus rare que le 10^e ou 90^e percentile. Par définition, les caractéristiques d'un extrême climatique peuvent varier selon les endroits. Un phénomène *climatique* extrême est une moyenne d'un nombre de phénomènes climatiques pendant un certain temps, une moyenne qui est elle-même extrême (précipitations pendant une saison, par exemple).

Photosynthèse

Processus par lequel les plantes absorbent du *dioxyde de carbone* (CO₂) de l'air (ou du bicarbonate dans l'eau) pour créer des

carbohydrates, en rejetant de l'oxygène (O₂) au cours du processus. Il existe plusieurs voies de photosynthèse avec des réponses différentes aux concentrations atmosphériques de CO₂. Voir également *Fertilisation par le dioxyde de carbone*.

Phytoplancton

Forme végétale du *plancton* (diatomées, par exemple). Les *phytoplanctons* sont les plantes dominantes dans la mer, et sont l'élément fondamental du réseau alimentaire marin. Ces organismes monocellulaires sont les principaux agents de fixation photosynthétique du carbone dans les océans.

Piégeage

Processus augmentant la teneur en carbone d'un *réservoir* de carbone autre que l'*atmosphère*. Les méthodes biologiques de piégeage incluent l'élimination directe du *dioxyde de carbone* atmosphérique par les *changements d'affectation des terres*, le *boisement*, le *reboisement*, et des pratiques agricoles qui augmentent le carbone présent dans les sols. Les méthodes physiques incluent la séparation et l'élimination du dioxyde de carbone des gaz de fumée ou le traitement des *combustibles fossiles* pour produire des fractions riches en hydrogène et en dioxyde de carbone, et le stockage souterrain à long terme dans des réservoirs de pétrole et de gaz épuisés, des filons houillers et des *aquifères* salins. Voir également *Absorption*.

Plancton

Organismes vivants qui flottent passivement dans les milieux aquatiques. Voir également *Phytoplancton* et *Zooplancton*.

Plantes C₃

Plantes qui produisent un composé tri-carbone pendant la photosynthèse, notamment la plupart des arbres et des cultures agricoles de type riz, blé, soja, pommes de terre et légumes.

Plantes C₄

Plantes qui produisent un composé quadri-carbone pendant la photosynthèse — plantes principalement d'origine tropicale, y compris des herbacées, le maïs, la canne à sucre, le millet, et le sorgho, très importantes en agriculture.

Plate-forme de glace

Inlandsis flottant, d'une épaisseur considérable, attaché à une côte (habituellement d'une grande superficie horizontale, et une surface plane ou faiblement ondulée); souvent un prolongement des *inlandsis* vers la mer.

Politiques et mesures

Dans le contexte de la *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, les «politiques» sont des mesures qui peuvent être prises et/ou mandatées par un gouvernement — souvent conjointement avec le secteur commercial et industriel nationaux, ainsi qu'avec d'autres pays — afin d'accélérer la mise en œuvre et l'emploi de mesures visant à limiter les émissions de *gaz à effet de serre*. Les «mesures» sont des technologies, des processus et des pratiques utilisées pour mettre en œuvre des politiques, et dont l'utilisation pourrait réduire les émissions de gaz à effet de serre au-dessous des niveaux prévus. Des taxes sur le carbone ou autres taxes énergétiques, des normes communes de rendement énergétique pour les véhicules, sont des *exemples* de mesures. Des politiques «communes et coordonnées» ou «harmonisées» désignent les politiques adoptées conjointement par les Parties.

Pompe biologique

Processus biologiques marins qui absorbent le CO₂ et le font passer des eaux de surface aux profondeurs océaniques par la sédimentation des particules organiques et le transport par les courants des matières organiques dissoutes, ce qui réduit la teneur en carbone dans les couches superficielles et l'augmente dans les profondeurs.

Population

Groupe d'individus de la même espèce qui existent dans un cadre spatial/temporel défini arbitrairement et qui sont plus susceptibles de s'accoupler les uns avec les autres plutôt qu'avec des individus d'un autre groupe.

Populations autochtones

Populations dont les ancêtres habitaient déjà une région ou un pays lorsque des personnes ayant une autre origine culturelle ou ethnique sont venues les dominer à la suite de conquêtes, colonisation ou autres moyens, et qui, actuellement, vivent plus en conformité avec leurs propres coutumes et traditions sociales, économiques et culturelles qu'avec celles du pays auquel elles appartiennent à présent. (dénommées également populations « indigènes », « aborigènes », ou « tribales »).

Potentiel économique

Le potentiel économique est le pourcentage du *potentiel technologique* en matière d'amélioration des réductions des émissions de gaz à effet de serre ou des améliorations de l'*efficacité énergétique* qui pourrait être obtenu de façon rentable par la création de marchés, la réduction des déficiences du marché ou l'augmentation des transferts financiers et technologiques. La réalisation du potentiel économique exige des *politiques et des mesures* supplémentaires pour faire disparaître les *obstacles commerciaux*. Voir également *Potentiel offert par le marché*, *Potentiel socio-économique*, et *Potentiel technologique*.

Potentiel offert par le marché

Part du *potentiel économique* de réduction des émissions de gaz à effet de serre ou d'amélioration du *rendement énergétique* réalisable dans les conditions actuelles du marché, en l'absence de nouvelles *politiques ou mesures*. Voir également *Potentiel économique*, *Potentiel socio-économique*, et *Potentiel technologique*.

Potentiel technologique

Ampleur possible de la réduction des émissions de gaz à effet de serre ou de l'amélioration du *rendement énergétique* résultant de la mise en œuvre d'une technologie ou d'une pratique déjà prouvée. Voir également *Potentiel économique*, *Potentiel lié au marché*, et *Potentiel socio-économique*.

Pratique

Action ou ensemble d'actions qui influent sur la terre, les *réservoirs de puits* connexes, ou qui influent d'une autre façon sur l'échange des gaz à effet de serre dans l'*atmosphère*. Inclut spécifiquement les projets et les politiques.

Précurseurs

Composés atmosphériques qui ne sont pas des gaz à effet de serre ou des *aérosols*, mais qui agissent sur les concentrations de gaz à effet de serre ou les *aérosols* en contribuant aux processus physiques ou chimiques qui contrôlent leur taux de production ou de destruction.

Préindustriel

Voir *Révolution Industrielle*.

Prévision climatique

Une prévision climatique est le résultat d'un essai de description ou d'estimation, avec un maximum de probabilité, de l'évolution réelle future du *climat* (à des *échelles temporelles* saisonnières, interannuelles, ou à long terme, par exemple). Voir également *Projection climatique* et *Scénario (de changements) climatique(s)*.

Prise de décision séquentielle

Prise de décision progressive visant à identifier des stratégies à court terme, face à des incertitudes à long terme, et qui intègre des informations supplémentaires dans le temps et apporte des corrections intermédiaires.

Production nette de l'écosystème (PNE)

Gain ou perte nette de carbone par un *écosystème*. La PNE est égale à la *Production nette primaire* moins la perte de carbone par *respiration* hétérotrophe pendant un certain temps (en général 1 an).

Production nette du biome (PNB)

Gain ou perte nette de carbone par une région. La PNB est égale à la *Production nette de l'écosystème* moins la perte de carbone due à une perturbation (incendie de *forêt*, ou exploitation d'une forêt, etc.) pendant un certain temps (en général 1 an).

Production primaire brute (PPB)

Quantité de carbone *atmosphérique* fixé par *photosynthèse* pendant un certain temps (en général un an).

Production primaire nette (PPN)

Augmentation de la *biomasse* végétale ou du carbone d'une unité de paysage (terrestre, marine ou aquatique). La PPN est égale à la *Production primaire brute* moins la perte de carbone par *respiration* autotrophe pendant un certain temps (en général 1 an).

Projection (générique)

Une projection est une évolution future possible d'une quantité ou d'un ensemble de quantités, souvent calculée à l'aide d'un modèle. La distinction faite entre projections et « prévisions » souligne le fait que les projections font appel à des hypothèses, par exemple à propos des futurs développements socio-économiques et technologiques susceptibles de se produire, et sont donc entachées d'une *incertitude* significative. Voir également *Projection climatique* et *Prévision climatique*.

Projection climatique

Projection de la réponse du *système climatique* aux *scénarios d'émissions* ou de concentration de gaz à effet de serre et d'*aérosols* ou de scénarios de *forçage radiatif*, souvent fondée sur des simulations par des *modèles climatiques*. La différence faite entre projections climatiques et *prévisions climatiques* souligne le fait que les projections climatiques dépendent des scénarios d'émissions/des concentrations/du forçage radiatif utilisés, eux-mêmes basés sur des hypothèses, concernant, par exemple, de futurs développements socio-économiques et technologiques susceptibles ou non de se produire, et pour lesquels il existe une *incertitude* importante.

Proliférante

Espèce végétale à dispersion aisée, croissance rapide et établissement facile, et donc opportuniste en réponse aux augmentations de la fréquence des perturbations.

Protocole de Kyoto

Le Protocole de Kyoto à la *Conférence-cadre des Nations unies sur les changements climatiques* (CCNUCC) a été adopté à la troisième session de la Conférence des Parties à la CCNUCC en 1997 à Kyoto, Japon. Il contient des engagements ayant force obligatoire, qui s'ajoutent aux engagements stipulés dans la CCNUCC. Les pays visés à l'Annexe B du Protocole (la plupart des pays de l'Organisation pour la coopération et le développement économiques, et des pays aux *économies en transition*) ont convenu de réduire leurs *émissions de gaz à effet de serre anthropiques* (dioxyde de carbone, méthane, oxyde d'azote, hydrofluorocarbures, perfluorocarbures, et hexafluorure de soufre) en moyenne de 5,2% au-dessous des niveaux de 1990 pour la période d'engagement 2008–2012. Le Protocole de Kyoto n'est pas encore entré en vigueur (avril 2002).

Puits

Tout processus, activité ou mécanisme qui élimine de l'*atmosphère* un gaz à effet de serre, un *aérosol* ou un *précurseur* d'un gaz à effet de serre ou un *aérosol*.

Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (RSSE)

Les scénarios du RSSE sont des *scénarios d'émissions* utilisés, entre autres pour les *projections climatiques* dans la contribution du GTI du GIEC au Troisième rapport d'évaluation. Les définitions suivantes permettent de mieux comprendre la structure et utilisation de l'ensemble des scénarios du RSSE :

- **Famille (de scénarios)**: Scénarios qui ont le même *canevas* démographique, sociétal, économique et technologique. Quatre familles de scénarios forment l'ensemble de scénarios du RSSE: A1, A2, B1, et B2.
- **Groupe (de scénarios)**: Scénarios dans une famille qui reflètent une variation cohérente du canevas narratif. La famille de scénario A1 inclut quatre groupes dits A1T, A1C, A1G, et A1B qui explorent des structures alternatives de systèmes énergétiques futurs. Dans le Résumé à l'intention des décideurs, les groupes A1C et A1G ont été combinés en un groupe de scénarios «Intensité de combustibles fossiles» A1F1. Les trois autres familles de scénarios consistent en un groupe chacun. L'ensemble de scénarios du RSSE reflété dans le Résumé à l'intention des décideurs comprend donc six *groupes de scénarios* distincts, tous également fiables et qui, ensemble, expriment le nombre d'incertitudes associées aux forces motrices et aux émissions.
- **Scénario d'illustration**: Scénario d'illustration pour chacun des six *groupes de scénarios* reflétés dans le Résumé à l'intention des décideurs. Ils comprennent quatre *scénarios marqueurs* révisés pour les groupes de scénarios A1B, A2, B1, B2, et deux scénarios supplémentaires pour les groupes de scénarios A1F1 et A1T. Tous les *groupes de scénarios* sont également fiables.
- **Scénario marqueur**: Scénario utilisé sous forme provisoire sur le site Internet du RSSE pour représenter une *famille de scénarios* donnée. Le choix de scénario marqueur était basé sur les quantifications initiales qui reflétaient le mieux le canevas, et les caractéristiques de modèles spécifiques. Les scénarios marqueurs ne sont ni

plus ni moins vraisemblables que n'importe quel autre scénario, mais l'équipe de rédaction du RSSE a estimé qu'ils illustrent un canevas particulier. Ces scénarios ont été examinés avec la plus grande attention par toute l'équipe de rédaction, et au cours du processus ouvert du RSSE. Des scénarios ont également été choisis pour illustrer les deux autres *groupes de scénarios*.

- **Canevas (de scénario)**: Description narrative d'un scénario (ou d'une famille de scénarios) qui met en lumière les principales caractéristiques du scénario, les relations entre les forces motrices clés, et les dynamiques de leur évolution.

Rayonnement infrarouge

Rayonnement émis par la surface de la terre, l'*atmosphère*, et les nuages. Également appelé rayonnement terrestre de grandes longueurs d'onde. Le rayonnement infrarouge a une gamme de longueurs d'ondes distincte («spectre») plus longue que la longueur d'ondes de la couleur rouge dans la partie visible du spectre. Le spectre du rayonnement infrarouge diffère de celui du rayonnement solaire ou rayonnement de courtes longueurs d'ondes en raison de la différence de température entre le soleil et le système Terre-atmosphère.

Rayonnement solaire

Rayonnement émis par le soleil. Dit également rayonnement de courtes longueurs d'ondes. Le rayonnement solaire possède une gamme de longueurs d'ondes caractéristique (spectre) régie par la température du soleil. Voir également *Rayonnement infrarouge*.

Reboisement

Plantation de *forêts* sur des terres qui ont autrefois contenu des forêts mais qui ont été transformées en vue d'une autre affectation.

Régénération

Renouvellement de peuplements forestiers par des moyens naturels (semences sur place ou à côté de peuplements forestiers, ou déposées par le vent, les oiseaux ou les animaux) ou artificiels (plantations de semis d'arbres ou ensemencement direct).

Régime de perturbation

Fréquence, intensité et type des perturbations, telles que les incendies, infestations d'insectes ou de parasites, inondations et *sécheresses*.

Régions arides

Écosystèmes ayant des précipitations annuelles inférieures à 250 mm.

Régions semi-arides

Écosystèmes ayant plus de 250 mm de précipitations annuelles mais qui ne sont pas extrêmement productives; généralement classées *grands pâturages naturels*.

Remontée d'eaux froides

Transfert des eaux profondes vers la surface, due en général à des mouvements horizontaux des eaux de surface.

Renforcement des capacités

Dans le contexte des *changements climatiques*, processus de développement de l'expertise technique et de la capacité institutionnelle dans les pays en développement et les *économies en*

transition pour leur permettre de participer à tous les aspects de l'*adaptation*, de l'*atténuation*, et des recherches sur les changements climatiques.

Rentable

Critère spécifiant qu'une *technologie* ou une mesure permet d'obtenir un produit ou un service à un coût égal ou inférieur au coût habituel ou une alternative au moindre coût pour atteindre un objectif.

Réponse climatique transitoire

Augmentation de la température moyenne mondiale de l'air à la surface, moyennée sur une période de vingt ans, centrée à l'époque du doublement du CO₂ (c'est-à-dire sur l'année 1970 dans une expérience d'augmentation annuelle de 1% de CO₂ combiné avec un *modèle climatique* couplé mondial).

Réservoir

Composant du *système climatique*, autre que l'*atmosphère*, capable de stocker, accumuler ou émettre une substance préoccupante (du carbone, un *gaz à effet de serre*, ou un *précurseur*, par exemple). Les océans, les sols, et les *forêts* sont des exemples de réservoirs de carbone. *Bassin* est un terme équivalent (on notera que la définition de bassin inclut souvent l'*atmosphère*). On appelle stock la quantité absolue de substances préoccupantes, stockées dans un réservoir à un moment donné. Réservoir signifie également un lieu de stockage naturel ou artificiel pour l'eau, comme par exemple un lac, un étang ou un *aquifère*, fournissant un approvisionnement en eau à des fins d'irrigation, ou d'alimentation en eau.

Respiration

Processus par lequel des organismes vivants transforment la matière organique en *dioxyde de carbone*, en produisant de l'énergie et en consommant de l'oxygène.

Respiration hétérotrophe

Transformation de matière organique en CO₂ par des organismes autres que des plantes.

Ressources

Les ressources sont des occurrences ayant des caractéristiques géologiques et/ou économiques moins certaines, mais qui sont considérées comme étant potentiellement durables avec des développements technologiques et économiques prévisibles.

Rétroaction

Le mécanisme d'interaction entre des processus au sein du système est intitulé rétroaction lorsque le résultat d'un processus initial déclenche des changements dans un second processus, lequel, à son tour, influe sur le processus initial. Une rétroaction positive renforce le processus initial, et une rétroaction négative le réduit. Voir également *Rétroaction climatique*.

Rétroaction climatique

Le mécanisme d'interaction entre des processus au sein du *système climatique* est intitulé rétroaction climatique lorsque le résultat d'un processus initial déclenche des changements dans un second processus, lequel, à son tour, influe sur le processus initial. Une rétroaction positive renforce le processus initial, et une rétroaction négative le réduit.

Révolution Industrielle

Période de croissance industrielle rapide aux conséquences sociales et économiques étendues, qui a débuté en Angleterre au cours de la deuxième moitié du XVIII^e siècle, et s'est poursuivie en Europe et dans d'autres pays, y compris les États-Unis. L'invention du moteur à vapeur a été un facteur majeur de ce développement. La révolution industrielle marque le début d'une augmentation importante de l'utilisation des *combustibles fossiles* et des émissions, notamment des émissions de *dioxyde de carbone* fossile. Dans le présent document, les termes « pré-industriel » et « industriel » indiquent, quelque peu arbitrairement, les époques avant et après 1750, respectivement.

Ruissellement

Partie des précipitations qui ne s'évaporent pas. Dans certains pays, ruissellement signifie uniquement *ruissellement de surface*.

Ruissellement de surface

Eau s'écoulant sur la surface du sol jusqu'au cours d'eau le plus proche; ruissellement provenant d'un *bassin* d'écoulement qui ne s'est pas infiltré dans le sol depuis la dernière précipitation.

Salinisation

Accumulation de sels dans les sols.

Scénario (générique)

Description vraisemblable et souvent simplifiée de ce que nous réserve l'avenir, fondée sur un ensemble cohérent et intrinsèquement homogène d'hypothèses concernant les principales relations et forces motrices en jeu (rythme de l'évolution *technologique*, prix, par exemple). Les scénarios ne sont ni des prévisions ni des prédictions et peuvent être quelquefois fondés sur un « canevas narratif ». Ils peuvent être obtenus à partir de *projections*, mais sont souvent fondés sur des informations complémentaires provenant d'autres sources. Voir également *Scénarios du RSSE*, *Scénarios climatiques*, et *Scénarios d'émissions*.

Scénario climatique

Représentation vraisemblable et souvent simplifiée du futur *climat*, fondée sur un ensemble intrinsèquement cohérent de relations climatologiques, établie pour l'étude explicite des conséquences possibles des *changements climatiques anthropiques*, et composante fréquente des modèles sur les incidences. Les *projections climatiques* constituent fréquemment la matière première des scénarios climatiques, mais, en général, ces derniers nécessitent des données complémentaires, de type données climatiques réelles. Un « scénario de changements climatiques » est la différence entre un scénario climatique et le climat réel.

Scénario d'émissions

Représentation plausible du futur développement des émissions de substances potentiellement actives du point de vue radiatif (*gaz à effet de serre*, *aérosols*, par exemple), basée sur un ensemble d'hypothèses cohérentes et compatibles sur les forces motrices (croissance démographique, développement socio-économique, évolution technologique, par exemple) et leurs interactions principales. Les scénarios de concentrations, obtenus à partir de scénarios d'émissions, servent d'intrants dans un *modèle climatique* pour le calcul de *projections climatiques*.

Scénario de forçage radiatif

Représentation plausible du futur développement du *forçage radiatif* associé, par exemple, à des changements de la compo-

sition de l'atmosphère ou des changements d'affectation des terres ou à des facteurs externes tels que des variations de l'activité solaire. Les scénarios de forçage radiatif peuvent être utilisés comme données dans des *modèles climatiques* simplifiés pour le calcul de *projections climatiques*.

Sécheresse

Phénomène qui se produit lorsque les précipitations sont sensiblement inférieures aux niveaux normaux enregistrés, et qui provoque des déséquilibres hydrologiques importants néfastes pour les systèmes de production de ressources terrestres.

Sensibilité

Degré d'affectation positive ou négative d'un système par des *stimuli* liés au climat. L'effet peut être direct (modification d'un rendement agricole en réponse à une variation de la moyenne, de la fourchette, ou de la variabilité de température, par exemple) ou indirect (dommages causés par une augmentation de la fréquence des inondations côtières en raison de l'élévation du *niveau de la mer*, par exemple). Voir également *Sensibilité du climat*.

Sensibilité du climat

Dans les rapports du GIEC, « sensibilité du climat à l'équilibre » désigne les changements à l'équilibre de la température moyenne mondiale à la surface à la suite d'un doublement de la concentration de (équivalent) CO₂ atmosphérique. Plus généralement, la sensibilité du climat à l'équilibre désigne les changements à l'équilibre de la température de l'air à la surface à la suite de la variation d'une unité de *forçage radiatif* (°C/Wm²). En pratique, l'évaluation de la sensibilité du climat à l'équilibre exige de très longues simulations avec des *modèles de circulation mondiale* couplés. La « sensibilité réelle du climat » est une mesure connexe qui permet d'éviter cette nécessité. Elle est évaluée à partir de résultats de modèles pour des conditions qui ne sont pas à l'équilibre. Elle mesure la force des *rétroactions* à un moment donné et peut varier en fonction des forçages antérieurs et de l'état du climat. Voir *Modèle climatique*.

Services des écosystèmes

Processus ou fonctions écologiques ayant une *valeur* pour les individus ou la société.

Silt/limon

Matériau non consolidé ou meuble constitué par des particules rocheuses plus fines que des grains de sable et plus grosses que des particules d'argile.

Source

Tout procédé, activité ou mécanisme qui libère dans l'*atmosphère* un gaz à effet de serre, un *aérosol*, ou un *précurseur* de gaz à effet de serre ou d'aérosol.

Stimuli (liés au climat)

Tous les éléments des *changements climatiques*, y compris les caractéristiques *climatiques* moyennes, la *variabilité climatique*, et la fréquence et l'ampleur des phénomènes extrêmes.

Stock

Voir *Réservoir*.

Stratosphère

Région très stratifiée de l'*atmosphère* située au-dessus de la *troposphère* et s'étendant sur environ 10 km à 50 km (entre 9 km

aux hautes latitudes à 16 km dans les tropiques en moyenne). C'est dans cette zone que la plus grande partie de la couche d'ozone filtre les rayons ultra-violet (UV-B).

Subalpine

Zone géographique composée de pentes montagneuses relativement humides et fraîches situées au-dessous de la limite de la zone des forêts et caractérisée par la présence de grands arbres à feuillage persistant qui représentent la forme de vie dominante.

Submersion

Élévation du niveau de l'eau par rapport à la terre, de sorte que des régions de terre ferme deviennent inondées; résulte d'un affaissement terrestre ou d'une élévation du niveau de l'eau.

Surveillance

Systèmes d'observations de variables physiques, chimiques, biologiques et socio-économiques pertinentes.

Système climatique

Système extrêmement complexe formé de cinq composants principaux : l'*atmosphère*, l'*hydrosphère*, la *cryosphère*, la surface terrestre et la *biosphère*, et les interactions entre eux. Le système climatique évolue dans le temps sous l'effet de ses propres éléments dynamiques internes et en raison de forçages externes tels que les éruptions volcaniques, variations solaires, et de forçages anthropiques tels que la modification de la composition de l'atmosphère et les *changements d'affectation des terres*.

Système humain

Tout système dans lequel des organisations humaines jouent un rôle majeur. Fréquemment, mais pas toujours, ce terme est synonyme de « société » ou de « système social » (système agricole, système politique, système technologique, système économique, etc.).

Systèmes uniques et menacés

Entités confinées dans une zone géographique relativement limitée, mais qui peuvent affecter d'autres entités, souvent plus grandes, à l'extérieur de cette zone; une zone géographique très limitée indique une *sensibilité* à des variables environnementales, dont le *climat*, révélatrice d'un risque de *vulnérabilité* aux *changements climatiques*.

Technologie

Équipement ou technique permettant d'accomplir une activité particulière.

Température moyenne mondiale à la surface

La température moyenne mondiale à la surface est la moyenne mondiale pondérée de l'aire de (i) la température à la surface des océans (c'est-à-dire, la température moyenne sous la surface dans les premiers mètres de l'océan), et (ii) la température de l'air à la surface au-dessus de la terre à 1,5 m au-dessus du sol.

Thermokarst

Topographie irrégulière et bosselée dans un sol gelé causée par la fonte de la glace.

Tolérance

Quantité de changement qu'un système peut subir sans changer d'état.

Toundra

Plaine plate ou faiblement ondulée, dépourvue d'arbres, caractéristique des régions arctiques et subarctiques.

Tourbière

Milieu marécageux riche en matières organiques (végétales) décomposées, entourant souvent un plan d'eau et ayant une flore caractéristique (laiches, bruyères et sphaignes).

Transfert de technologies

Ensemble de processus recouvrant l'échange de connaissances, de ressources financières et de biens entre des *intervenants* et conduisant à la diffusion de technologies en vue de l'adaptation ou de l'*atténuation des changements climatiques*. En tant que concept générique, ce terme est utilisé pour désigner à la fois la diffusion des technologies et la coopération technologique dans les pays et entre eux.

Transpiration

Évaporation de l'eau de la surface d'une plante (par ses membranes ou ses pores), notamment depuis les feuilles ou d'autres parties de la plante.

Tropopause

Limite entre la *troposphère* et la *stratosphère*.

Troposphère

Partie inférieure de l'*atmosphère*, entre la surface de la Terre et environ 10 km d'altitude aux latitudes moyennes (entre 9 km aux hautes latitudes et 16 km dans les tropiques en moyenne), où se produisent les nuages et les phénomènes « météorologiques ». Dans la troposphère, en général, la température diminue avec l'altitude.

Urbanisation

Transformation des terres de leur état naturel ou de leur état naturel géré (agriculture, par exemple) en villes; processus résultant de l'exode rural vers les villes, par lequel un pourcentage croissant de la population d'un pays ou d'une région vient vivre dans des établissements humains répondant à la définition de « centres urbains ».

Valeurs

Mérite, désidérabilité ou utilité basée sur des préférences individuelles. La *valeur* totale de toute ressource est la somme des valeurs des différents individus concernés par l'utilisation de la ressource. Les valeurs, sur lesquelles est fondée l'estimation des coûts, sont mesurées en termes de disposition à payer par des personnes pour recevoir la ressource ou de disposition à accepter paiement par des personnes pour fournir la ressource.

Variabilité climatique

Désigne des variations de l'état moyen et d'autres statistiques (écarts standards, phénomènes extrêmes, etc.) du *climat* à toutes les *échelles temporelles et spatiales* au-delà des phénomènes climatiques individuels. La variabilité peut être due à des processus internes naturels au sein du *système climatique* (variabilité interne), ou à des variations des *forçages externes anthropiques* ou naturels (variabilité externe). Voir également *Changements climatiques*.

Variabilité interne

Voir *Variabilité climatique*.

Vecteur

Organisme, (insecte, par exemple), qui transmet un élément pathogène d'un hôte à un autre. Voir également *Maladie à transmission vectorielle*.

Vulnérabilité

Degré par lequel un système risque de subir ou d'être affecté négativement par les effets néfastes des *changements climatiques*, y compris la *variabilité climatique* et les phénomènes extrêmes. La vulnérabilité dépend du caractère, de l'ampleur, et du rythme des changements climatiques auxquels un système est exposé, ainsi que de sa *sensibilité*, et de sa *capacité d'adaptation*.

Zooplancton

Formes animales du *plancton*. Consomment du *phytoplancton* ou d'autres zooplanctons.

Annexe C

ACRONYMES ET ABRÉVIATIONS

CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CDB	Convention des Nations unies sur la diversité biologique
CH ₄	Méthane
CNUDD	Commission des Nations unies pour le développement durable
CO ₂	Dioxyde de carbone
DDS	Document de synthèse
DHF	Dengue hémorragique
DRE	Deuxième rapport d'évaluation
DSS	Syndrome de choc dengue
EET	Économies en transition
ENSO	Oscillation australe El Niño
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GTI	Groupe de travail I
GTII	Groupe de travail II
GTIII	Groupe de travail III
H ₂ O	Eau
IRCC	Rapport spécial sur les incidences de l'évolution du climat dans les régions
MCG	Modèle de circulation générale
MCGAO	Modèle de circulation générale atmosphère-océan
MSX	Spore plurinucléaire inconnu
NMM	Niveau moyen de la mer
NO _x	Oxydes d'azote
O ₂	Oxygène
O ₃	Ozone
OAN	Oscillation de l'Atlantique Nord
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OMM	Organisation météorologique mondiale
PNB	Production nette du biome
PNE	Production nette de l'écosystème
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PPB	Production primaire brute
PPN	Production primaire nette
Qx.x	Question ou paragraphe pertinent dans DDS
RE	Résumé exécutif
RID	Résumé à l'intention des décideurs
RT	Résumé technique
RSSE	Rapport spécial sur les scénarios d'émissions
RSUTCATF	Rapport spécial sur l'utilisation des terres, les changements d'affectation des terres et foresterie
SBSTTA	Organe subsidiaire de conseil scientifique, technique et technologique
TRE	Troisième rapport d'évaluation
UE	Union européenne
UV-B	Ultraviolets-B

Annexe D

LISTE DES PUBLICATIONS DU GIEC

Aspects scientifiques du changement climatique

(Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail I (aussi en anglais, chinois, espagnol et russe)

Incidences potentielles du changement climatique

Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail II (aussi en anglais, chinois, espagnol et russe)

Stratégies d'adaptation au changement climatique

Rapport 1990 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail III (aussi en anglais, chinois, espagnol et russe)

Emissions Scenarios

Préparé par le Groupe de travail III du GIEC
1990

Évaluation de la vulnérabilité des zones côtières à l'élévation du niveau de la mer – méthodologie commune

1991 (aussi disponible en arabe et anglais)

Climate Change 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment

Rapport 1992 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail I

Climate Change 1992 — The Supplementary Report to the IPCC Impacts Assessment

Rapport 1992 rédigé pour le GIEC par le Groupe de travail II

Changement climatique: Les évaluations du GIEC de 1990 et 1992

Premier rapport d'évaluation du GIEC — Aperçu général et Résumés destinés aux décideurs, et Supplément 1992 du GIEC

Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea

Sous-groupe pour la gestion des zones côtières du Groupe de travail III
1992

Report of the IPCC Country Studies Workshop

1992

Preliminary Guidelines for Assessing Impacts of Climate Change

1992

Lignes directrices du GIEC pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre

Trois volumes, 1994 (aussi en anglais, espagnol et russe)

Directives techniques du GIEC pour l'évaluation des incidences de l'évolution du climat et des stratégies d'adaptation

1995 (aussi en anglais, arabe, chinois, espagnol et russe)

Climate Change 1994 — Radiative Forcing of Climate Change and an Evaluation of the IPCC IS92 Emission Scenarios

1995

Climate Change 1995 — The Science of Climate Change – Contribution of Working Group I to the IPCC Second Assessment Report

1996

Climate Change 1995 — Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses – Contribution of Working Group II to the IPCC Second Assessment Report

1996

Climate Change 1995 — Economic and Social Dimensions of Climate Change – Contribution of Working Group III to the IPCC Second Assessment Report

1996

Document de synthèse des informations scientifiques et techniques relatives à l'interprétation de l'article 2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

1996 (aussi en anglais, arabe, chinois, espagnol et russe)

Techniques, politiques et mesures d'atténuation des changements climatiques – Document technique I du GIEC

1996 (aussi en anglais et espagnol)

Introduction aux modèles climatiques simples employés dans le Deuxième rapport d'évaluation du GIEC – Document technique II du GIEC

1997 (aussi en anglais et espagnol)

Stabilisation de gaz atmosphériques à effet de serre: conséquences physiques, biologiques et socio-économiques – Document technique III du GIEC

1997 (aussi en anglais et espagnol)

Incidences des propositions de limitation des émissions de CO₂ – Document technique IV du GIEC

1997 (aussi en anglais et espagnol)

Incidences de l'évolution du climat dans les régions: Evaluation de la vulnérabilité – Rapport spécial du GIEC

1998

L'aviation et l'atmosphère planétaire – Rapport spécial du GIEC

1999

Questions méthodologiques et technologiques dans le transfert de technologies – Rapport spécial du GIEC

2000

Utilisation des terres, changements d'affectation des terres et foresterie – Rapport spécial du GIEC

2000

Scénarios d'émissions – Rapport spécial du GIEC

2000

Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories

2000

Climate Change 2001: The Scientific Basis – Contribution of Working Group I to the IPCC Third Assessment Report

2001

Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability – Contribution of Working Group II to the IPCC Third Assessment Report

2001

Climate Change 2001: Mitigation – Contribution of Working Group III to the IPCC Third Assessment Report

2001

Changements climatiques 2001: Document de synthèse – Contribution des trois Groupes de travail du GIEC au Troisième rapport d'évaluation

2001 (aussi en anglais et espagnol)

Changements climatiques et diversité biologique – Document technique V du GIEC

2002 (aussi en anglais et espagnol)

POUR TOUT RENSEIGNEMENT S'ADRESSER AU: Secrétariat du GIEC, c/o Organisation météorologique mondiale, 7 bis, avenue de la Paix, Case Postale 2300, 1211 Genève 2, Suisse
