

7^{ème} RÉUNION DU COMITÉ TECHNIQUE
29 octobre – 1^{er} novembre 2006, Bern, Suisse

**ÉVOLUTION DE L'IMPACT DES CHANGEMENTS CLIMATIQUES SUR LES
OISEAUX D'EAU ET ÉLABORATION DE DIRECTIVES DE CONSERVATION
POUR L'AEWA**

(Rapport du Groupe de travail 8)

CONTEXTE

La Troisième Réunion des Parties a demandé la réalisation de plusieurs études portant sur les changements climatiques et les oiseaux d'eau migrateurs comme suit :

La Réunion des Parties :

1. *Charge* le Comité technique, en coopération avec le Secrétariat de l'Accord, et en tenant compte du travail réalisé par le Conseil Scientifique de la CMS et, le cas échéant, par d'autres organisations, d'accorder la priorité, selon les ressources disponibles, à une évaluation des effets actuellement prouvés du changement climatique sur les oiseaux d'eau migrateurs, à une étude des répercussions des prévisions modélisées de l'évolution climatique sur les oiseaux d'eau et à une description globale des moyens d'adaptation à ces changements et, enfin, de communiquer ses conclusions à une prochaine Réunion des Parties ;
2. *Demande* que l'étude du Comité technique s'applique à identifier les espèces inscrites au Tableau 1 du Plan d'action de l'Accord qui, selon les connaissances actuelles, semblent particulièrement vulnérables aux conséquences de l'évolution climatique et à recenser les mesures pouvant aider à la conservation de ces populations ;
3. *Demande également* que l'étude du Comité technique recense les actions pertinentes à entreprendre dans le cadre de la mise en œuvre internationale de l'Accord ;
4. *Exhorte* le Secrétariat, sur la base des résultats de l'étude du Comité technique et selon les ressources disponibles, d'accorder la priorité à l'élaboration de Lignes directrices de conservation sur les mesures d'adaptation possibles et demande que celles-ci, après avoir été examinées par le Comité technique, soient présentées à une prochaine Réunion des Parties ;
5. *Exhorte* les Parties à prendre en main les changements climatiques dans la mesure où ils sont susceptibles de modifier de façon importante l'écologie des zones humides et d'influer sur le comportement des oiseaux d'eau migrateurs ;
6. *Souligne* l'importance de l'inclusion de mesures d'adaptation susceptibles d'être bénéfiques dans l'élaboration et la mise en œuvre des Plans d'action par espèces et multi-espèces, à la fois à l'échelle nationale et internationale ;

Ces différents points ont été récapitulés dans le plan de travail du Comité technique de la façon suivante :

- (a) *examiner les effets actuellement établis du changement climatique, les répercussions de prévisions modélisées de changements sur les oiseaux d'eau et ébaucher les moyens d'adaptation possibles ;*
- (b) *recenser les espèces inscrites au Tableau 1 qui sont particulièrement vulnérables et identifier les mesures visant à la conservation de ces populations ;*
- (c) *recenser les actions pertinentes à entreprendre dans le cadre des Priorités internationales de mise en œuvre (IIP) ;*
- (d) *proposer des changements au Plan d'action afin de mieux refléter la nécessité des actions à entreprendre face aux répercussions des changements climatiques ainsi qu'en faveur de l'adaptation ;*
- (e) *recenser les besoins de la recherche internationale sur les incidences des changements climatiques sur les oiseaux d'eau et leurs habitats ;*

APPROCHES POSSIBLES

Tâche a : examiner les effets actuellement prouvés du changement climatique sur les oiseaux d'eau

Max Finlayson et d'autres spécialistes ont présenté une étude détaillée des impacts probables du changement climatique sur les oiseaux d'eau dans le cadre de la Conférence d'Édimbourg (*Oiseaux d'eau du Monde*) en avril 2004. Cette étude s'appuyait entre autres sur les travaux du GEST de Ramsar communiqués sous forme d'un document informatif à la COP8 (http://ramsar.org/cop8/cop8_doc_11_e.htm).

Ce document (Annexe I), une étude approfondie et bien rédigée, récapitule le large éventail des impacts réels et théoriques du changement climatique sur les oiseaux d'eau. Accompagné de travaux supplémentaires (ci-dessous) ce document répond pour une grande part aux objectifs de la Tâche a.

Une nouvelle mouture du document d'Édimbourg, complété par les éléments concernant les oiseaux d'eau issus de l'étude de la DEFRA (voir ci-dessous), semble une solution pragmatique pour certaines parties du Document informatif destiné à la MOP4. Les auteurs du document d'Édimbourg ont été contactés et approuvent tout à fait cette proposition.

Cette approche nous fera avancer d'un grand pas et permettra au Comité technique de l'AEWA, de se consacrer davantage, parmi les tâches assignées pour l'année à venir, à l'élaboration de lignes directrices de conservation (Tâches c & d) plutôt que de raconter à nouveau ce qui a déjà été (récemment) très bien raconté.

Tâche b : recenser les espèces qui sont particulièrement vulnérables

Il s'agit potentiellement d'une tâche de plus grande envergure, mais il existe deux sources essentielles d'informations à ce sujet. L'année dernière, le ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales du Royaume-Uni (Department of Environment, Food and Rural Affairs ou DEFRA) a demandé une étude sur les effets du changement climatique sur les espèces migratrices pour la COP8 (Robinson *et al.* 2005: www.defra.gov.uk/wildlife-countryside/resprog/findings/climatechange-migratory). Cette étude a été distribuée aux participants à la MOP3 de l'AEWA.

À cet égard, du fait de son caractère bien plus spécifique, cette étude du DEFRA complète parfaitement le document d'Édimbourg. De plus, le Tableau 11, énumère les impacts climatiques potentiels au niveau des espèces. Rob Robinson, du British Trust for Ornithology, a eu l'amabilité de nous procurer le tableau d'informations élaboré pour l'étude du DEFRA (en annexe). Cette liste a été révisée pour ne comprendre exclusivement que des espèces couvertes par l'AEWA. Elle pourrait être complétée par des sujets supplémentaires ayant trait à la nature réelle ou potentielle de l'impact de l'évolution climatique ainsi que par des sources d'information de première main.

Une seconde source d'information est le compte-rendu de la Conférence d'Édimbourg (Boere *et al.* 2006). En effet, 35 documents de *Oiseaux du Monde* font référence aux changements climatiques et aux oiseaux d'eau, tandis que 11 au moins font spécifiquement référence aux changements observés au niveau de la répartition, etc. Une rapide étude de la littérature existante sur ce sujet permettra de découvrir d'autres sources utiles.

Vous trouverez en annexe un tableau des listes d'espèces identifiées par l'étude BTO/CMS mise en parallèle avec la liste des espèces du Plan d'action de l'AEWA. Il s'agit d'un début de récapitulation des espèces de l'AEWA dont on sait qu'elles subissent ou qu'elles risquent de subir l'influence du changement climatique. Il apparaît immédiatement (ce qui n'a rien de surprenant) que l'on est mieux informé sur certains groupes que sur d'autres. À titre d'exemple, il semble y avoir davantage d'informations disponibles sur les Anatidés et les échassiers que sur les oiseaux de mer. L'élaboration d'une liste du matériel publié relatif à chaque espèce/population a été commencée. Je pense qu'il ne serait pas très difficile de la compléter, notamment en utilisant les autres études mentionnées plus haut. Avec un peu plus de travail, il serait possible de réaliser quelques analyses taxinomiques et géographiques sur ces données.

Il semble important d'essayer de caractériser les études selon la fiabilité/le type de données communiquées. On pourrait distinguer plusieurs niveaux de qualité des données allant des :

- impacts théoriques du changement climatique
aux
- prévisions modélisés de changements
aux
- changements observés qui peuvent être étroitement reliés à des paramètres de climat modifiés.

Il semble judicieux d'essayer de les distinguer.

Les informations rassemblées à partir de cette étude pourraient permettre de commencer à élaborer des critères permettant d'évaluer quelles espèces sont « particulièrement vulnérables ». Les candidats directs semblent être les espèces conjuguant les caractéristiques suivantes :

- une écologie spécifique avec dépendance à des habitats restreints d'un point de vue géographique, notamment ceux qui devraient subir l'impact du changement climatique ;
- les espèces dépendant d'habitats extrêmement fragmentés (y compris les populations dépendantes d'aires de repos limitées d'un point de vue géographique) ;
- les espèces ayant de petites populations ; et/ou
- les espèces déjà en déclin.

Tâche c : recenser les actions utiles à entreprendre dans le cadre des IIP

Tâche d : proposer des changements au Plan d'action

Ces deux tâches demandent une réflexion plus poussée. De nombreuses adaptations peuvent être directement identifiées – et sont récapitulées par Finlayson *et al.* Toutefois d'autres questions peuvent apparaître après l'examen des informations plus ciblées rassemblées dans le cadre de la Tâche b.

Tâche e : recenser les besoins de recherches internationales sur les effets des changements climatiques sur les oiseaux d'eau et leurs habitats

Divers matériaux existants, dont Rehfish 2004, Robinson *et al.* 2005 (Annexe 2), Finlayson *et al.* 2006 et les documents contenus dans Boere *et al.* 2006 (notamment la section sur le changement climatique et les oiseaux d'eau) devraient permettre de faire aisément une synthèse. Ceci ne devrait pas être un travail énorme.

RÉFÉRENCES

- Boere, G.C. Galbraith, C.A. & Stroud, D.A. (rédacteurs.) 2006. *Waterbirds around the world (Oiseaux du Monde)*. TSO Scotland, Édimbourg, R-U.
- Finlayson, M. Gitay, H., Bellio, M., van Dam, R. & Taylor, I. 2006. Climate variability and change and other pressures on wetlands and waterbirds: impacts and adaptation. In: *Waterbirds around the world*. (G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud). TSO Scotland, Édimbourg, R-U.
- Rehfish, M.M. Feare, C.J., Jones, N.J. & Spray, C. (rédacteurs.) 2004 *Climate change and coastal birds*. Ibis 146, Supplément 1. <http://www.bou.org.uk/meetrep8.html>
- Robinson, R.A., Learmouth, J.A., Hutson, A.M. Macleod, C.D., Sparks, T.H., Leech, D.I., Pierce, G./J., Rehfish, M.M. & Crick, H.Q.P. *Climate change and migratory species*. Rapport pour le DEFRA. BTO Research Report 414. 304 pp. www.defra.gov.uk/wildlife-countryside/resprog/findings/climatechange-migratory

Variabilité et changement climatiques, et autres pressions exercées sur les zones humides et les oiseaux d'eau : impacts et adaptation

Max Finlayson^{1,4}, Habiba Gitay², Maria Bellio^{1,4}, Rick van Dam¹ & Iain Taylor³

¹*Environmental Research Institute of the Supervising Scientist, Darwin, NT, Australie*

²*Australian National University, Canberra, ACT, Australie*

³*Charles Sturt University, Albury, NSW, Australie*

⁴*Adresse actuelle : International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka*

Finlayson, M., Gitay, H., Bellio, M., van Dam, R. & Taylor, I. 2006. *Climate variability and change and other pressures on wetlands and waterbirds: impacts and adaptation. Waterbirds around the world.* (G.C. Boere, C.A. Galbraith & D.A. Stroud (rédacteurs.)). TSO Scotland, Édimbourg, R-U. pp. xx-yy.

RÉSUMÉ

Depuis l'ère pré-industrielle, la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère a augmenté du fait des activités humaines, et principalement de la combustion de combustibles fossiles et des changements intervenus dans l'utilisation des sols et la couverture végétale. Ces activités, conjuguées aux forces naturelles, ont contribué au cours du XX^e siècle aux changements climatiques de la planète (en termes de moyennes et de variabilité). Les températures de la surface de la terre et de l'océan ont augmenté, les schémas spatiaux et temporels des précipitations se sont modifiés, le niveau de la mer s'est élevé et la fréquence et l'intensité du phénomène El Niño se sont accrues. Cette évolution climatique a touché les zones humides et leur biote, tout spécialement celles situées dans les régions littorales et aux hautes latitudes, modifiant la période de reproduction des espèces, la migration des animaux, la durée de la période de croissance des végétaux et la fréquence des infestations parasitaires et des maladies. Il est prévu que la température moyenne à la surface de la terre se réchauffera de 1,4 à 5,8 °C d'ici la fin du XXI^e siècle, les zones terrestres se réchauffant davantage que les océans et les hautes latitudes davantage que les zones tropicales. Le niveau de la mer devrait s'élever de 0,09 à 0,88 mètres, ce qui devrait accentuer les effets sur les zones humides et leur biote soit directement (par exemple par le biais de l'élévation du niveau de la mer et/ou des hausses de températures) soit indirectement (par le biais des changements au niveau de l'hydrologie, du régime des incendies et des infestations parasitaires). Ces changements accroîtront la menace d'extinction des espèces vulnérables et risquent de transformer radicalement les schémas de migration de nombreuses autres espèces. Les populations de certaines espèces diminueront tandis que celles d'autres espèces augmenteront, tout comme l'étendue de leur aire de répartition. Les conséquences du changement et de la variabilité climatiques pour les oiseaux d'eau seront probablement importantes, mais les données et les connaissances limitées dont nous disposons nous empêchent de bien comprendre le rôle du changement climatique par rapport à tous les autres changements résultant des activités humaines (tels que les changements intervenus dans l'occupation des sols et la couverture végétale, l'écoulement des eaux, les espèces envahissantes, etc.). Les données sont dans l'ensemble tout à fait inadéquates. Comme de nombreux habitats de zones humides et de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau sont actuellement soumis à de vives pressions, nous proposons que des évaluations quantitatives des risques résultant des pressions individuelles et multiples dans de nombreux sites le long des voies de migration

et dans les principales zones humides soient réalisées pour servir de fondement à l'élaboration d'options d'adaptation pour ces espèces et ces écosystèmes.

INTRODUCTION

Nous présentons une vue d'ensemble des conclusions du Troisième rapport d'évaluation sur les changements climatiques et leurs impacts sur les zones humides du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution climatique (GIEC), et notamment des informations et des graphiques fournis par ce Groupe (2001 & 2002). Nous nous inspirons également du document sur le changement climatique et les zones humides préparé pour la 8^{ème} Réunion de la Conférence des Parties de la Convention de Ramsar (van Dam *et al.* 2002) ainsi que des analyses récentes des effets observés et prévus des changements climatiques sur les oiseaux d'eau.

Il est couramment admis que les activités humaines ont entraîné et continueront à entraîner l'appauvrissement et/ou la transformation de la biodiversité. Plus spécifiquement, la biodiversité des zones humides a été modifiée, entre autres, par les changements intervenus dans l'occupation des sols et la couverture végétale, la pollution et la dégradation du sol et de l'eau, la pollution atmosphérique, la dérivation de l'eau pour la gestion intensive des écosystèmes et des systèmes urbains, la fragmentation des habitats, l'exploitation sélective des espèces, l'introduction d'espèces non indigènes et l'appauvrissement de l'ozone de la stratosphère. Il est également admis que les changements climatiques représenteront une contrainte supplémentaire qui agira de manière synergique ou cumulative, détériorant ainsi davantage la biodiversité. À l'inverse, étant donné que la biodiversité des zones humides soutient ou fournit de nombreux services d'écosystème indispensables aux hommes (voir étude de Finlayson & D'Cruz 2005), les changements dans la biodiversité des zones humides influenceront assurément sur le bien-être humain.

Nous examinons donc la variabilité et le changement climatiques dans le contexte du changement mondial qui englobe toute les pressions provenant des activités humaines. Nous considérons tout spécialement certains impacts touchant les oiseaux d'eau et examinons ensuite les réponses (ou adaptations) au moyen d'un schéma d'évaluation des risques. Le présent document aborde les points suivants :

1. La variabilité et le changement climatiques, et leur impact sur les zones humides ;
2. Les changements observés dans la répartition d'espèces spécifiques d'oiseaux d'eau en réponse à la variabilité et au changement climatiques et aux changements dans l'utilisation du sol et de l'eau ;
3. Un schéma d'analyse des risques permettant de mettre au point des réponses qui prennent en main les incidences des pressions multiples sur les zones humides, y compris le changement climatique.

CHANGEMENT CLIMATIQUE ET IMPACT SUR LES ZONES HUMIDES

Nous récapitulons les points suivants :

1. Les changements observés dans les systèmes biophysiques (atmosphère, océans) et la part des activités humaines dans ces changements ;
2. Les impacts (observés) de ces changements sur les systèmes biologiques et notamment les zones humides ;
3. Le rôle que peut jouer l'adaptation pour répondre à ces changements.

Changements observés dans les systèmes biophysiques

Au cours de la période 1750-2000, les concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre ont augmenté (Fig. 1) : le dioxyde de carbone a augmenté d'environ un tiers (27 à 35 %), le méthane environ de 150 % (125 à 175 %) et l'oxyde nitreux de 17 % (12 à 22 %). Les taux d'augmentation enregistrés au cours du siècle dernier sont sans précédent par rapport aux 40 000 dernières années

passées. Les concentrations accrues de ces gaz sont imputées aux activités humaines, notamment la combustion des combustibles fossiles (qui ont généré au cours des années 1990 des émissions de $6,3 \text{ GtC/an}^{-1}$ en moyenne) et les changements survenus dans l'utilisation des sols et la couverture végétale, notamment la déforestation (qui ont généré des émissions d'environ $1,7 \text{ GtC/an}^{-1}$). Les aérosols, comme le dioxyde de soufre, qui ont une durée de vie relativement courte et un effet de refroidissement sur l'atmosphère, ont également augmenté (Fig. 1).

La surface de la terre s'est réchauffée de $0,4$ à $0,8^{\circ}\text{C}$ du fait de l'augmentation de la concentration atmosphérique des gaz à effet de serre et de facteurs naturels. Les continents se sont davantage réchauffés que les océans et les latitudes septentrionales et moyennes ont connu un réchauffement plus prononcé que la plupart des autres régions (Fig. 2). Au cours du XX^{e} siècle, les précipitations continentales annuelles moyennes ont augmenté de 5 à 10% dans l'hémisphère Nord et dans certaines régions de l'Australie, mais elles ont diminué de 3% dans l'ensemble des zones terrestres subtropicales (par exemple en Afrique du Nord et de l'Ouest et dans plusieurs régions méditerranéennes). Ces changements sont peut-être dus pour une part à l'augmentation de la température moyenne de la planète entraînant une modification de la circulation atmosphérique, un cycle hydrologique plus actif et un accroissement de la capacité de la rétention d'eau dans l'atmosphère. Ainsi, la fréquence des fortes précipitations aux moyennes et hautes latitudes de l'hémisphère Nord a augmenté de 2 à 4% au cours de la deuxième moitié du XX^{e} siècle (Fig. 3).

Les sécheresses se sont aggravées, marquées par un assèchement estival accompagné de risques connexes de sécheresse dans quelques zones. Dans certaines régions des continents asiatique et africain, on a observé une augmentation de la fréquence et de l'intensité des sécheresses au cours des dernières décennies. Le phénomène El Niño a été plus fréquent, plus persistant et plus intense au cours des 20 ou 30 dernières années en comparaison aux 100 années précédentes. Ce phénomène a accru la fréquence et l'intensité des sécheresses et des inondations dans les masses continentales autour du Pacifique, notamment les régions subtropicales de l'hémisphère Sud.

Le réchauffement a entraîné une élévation du niveau de l'océan en raison de la dilatation thermique des mers et de la régression à grande échelle de la glace terrestre. À partir des données fournies par les marégraphes, et après correction pour les mouvements terrestres, on a noté au cours du XX^{e} siècle une augmentation moyenne de 10 à 20 cm du niveau de la mer. Un nombre limité de sites européens disposant de données pratiquement continues sur 300 ans révèle que l'élévation la plus importante a eu lieu au XX^{e} siècle. Des données enregistrées à Amsterdam (Pays-Bas), Brest (France) et Swinoujscie (Pologne), ainsi que dans d'autres sites, confirment, comparé au XIX^{e} siècle, une accélération de l'élévation du niveau de la mer au XX^{e} siècle.

Les changements de températures observés au niveau régional ont été associés à des changements observés dans les systèmes physiques et biophysiques. On peut citer à titre d'exemple la régression des glaciers non polaires, une diminution de la superficie et de l'épaisseur de la glace marine Arctique pendant l'été, une floraison plus précoce, de plus longues saisons de croissance végétale et de plus longues périodes de reproduction pour les animaux dans l'hémisphère Nord (où ont été réalisées la plupart des études à long terme), le déplacement vers les pôles ou en altitude des plantes, des oiseaux, des poissons et des insectes ainsi que la migration printanière précoce et le départ plus tardif des oiseaux dans l'hémisphère Nord.

Au cours des dernières décennies du XX^{e} siècle, des températures plus élevées à la surface des mers ont été enregistrées dans la plupart des océans tropicaux. Beaucoup de récifs coralliens ont subi l'effet prononcé, bien que souvent partiellement réversible, du blanchissement lors de l'augmentation des températures de surface des mers de 1°C au-dessus de la moyenne saisonnière au cours d'une saison quelconque, une augmentation de 3°C entraînant la destruction des coraux. Ce phénomène de blanchissement est aussi souvent associé à d'autres contraintes, telles que la pollution et la maladie. Des changements dans la fréquence et l'intensité des précipitations, dans le pH, la température de l'eau, le vent, les CO_2 dissous et la salinité, conjugués à la pollution anthropique des nutriments et des toxines, peuvent nuire à la qualité des eaux estuariennes et marines. Quelques organismes pathogènes

marins et des espèces d'algues, notamment ceux associés à la prolifération algale toxique, sont fortement influencés par un ou plusieurs de ces facteurs. Au cours des dernières décennies du XX^e siècle, on a noté une augmentation des données concernant les maladies affectant les récifs coralliens et les herbiers marins, notamment dans la mer des Caraïbes et les océans tempérés.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le réchauffement a été en grande part imputé aux activités humaines, en particulier les émissions de gaz à effet de serre générées par la combustion des combustibles fossiles et les changements intervenus dans l'occupation des sols et la couverture végétale. Les preuves de cette responsabilité se sont renforcées entre le Premier Rapport d'évaluation du GIEC, datant de 1990, le deuxième, datant de 1995 et le troisième de 2000. Les conclusions spécifiques de ces évaluations étaient les suivantes :

1. Premier Rapport d'évaluation 1990 : « ...le réchauffement observé pourrait donc être dû en grande partie à cette variabilité naturelle ; ou bien celle-ci, combinée à d'autres facteurs résultant des activités humaines pourrait avoir masqué un réchauffement dû pour une part encore plus grande aux émissions anthropiques de gaz à effet de serre ».
2. Deuxième Rapport d'évaluation 1995 : « Les éléments dont on dispose laissent entrevoir une influence humaine perceptible sur le climat mondial ».
3. Troisième Rapport d'évaluation 2000 : « La majeure partie du réchauffement observé ces 50 dernières années est imputable aux activités humaines ».

Changements prévus dans le système climatique et le niveau de la mer

L'évolution de la population mondiale (nombre total et composition), les développements sociaux et économiques et les changements technologiques représentent les forces motrices qui déterminent les émissions futures de gaz à effet de serre et d'aérosols. Le Rapport spécial sur les scénarios d'émissions (RSSE) du GIEC présente six groupes de scénarios ou visions d'avenir plausibles qui s'appuient sur une description narrative et portent sur un large éventail de forces motrices. Les scénarios servent à prévoir les émissions futures de gaz à effet de serre (carbone dioxyde, méthane et oxyde nitreux) et d'aérosols (dioxyde de soufre), sachant que pour les gaz qui restent longtemps dans l'atmosphère, comme le dioxyde de carbone, la concentration atmosphérique répond relativement lentement aux changements intervenant dans les émissions, tandis que dans le cas des aérosols, tels que les aérosols sulfatés, la réponse au niveau de la concentration atmosphérique est beaucoup plus rapide.

À l'aide des scénarios du RSSE, le GIEC a prévu que les concentrations de dioxyde de carbone ainsi que les températures et le niveau de la mer continueront à augmenter bien longtemps après la réduction des gaz à effet de serre. Ceci s'explique par la longue durée de vie du carbone de dioxyde dans l'atmosphère ainsi que par l'« inertie » inhérente au système. Même si les émissions pouvaient cesser aujourd'hui, la température à la surface de la terre continuerait à augmenter pendant encore plusieurs siècles et le niveau de la mer, du fait de la dilatation thermique et de la fonte des glaces, continuerait à s'élever pendant encore plusieurs millénaires.

Les changements prévus pour les températures de surface, les précipitations et le niveau de la mer sont les suivants :

1. De 1990 à 2100, la température mondiale moyenne à la surface devrait augmenter de 1,4 à 5,8 °C, soit environ de 2 à 10 fois plus que la valeur type de réchauffement observé au cours du XX^e siècle. Ce taux prévu est très probablement sans précédent, tout au moins par rapport au 10 000 dernières années, si l'on se réfère aux données de climat à long terme. Pour les périodes 1990-2025 et 1990-2050, les augmentations prévues sont respectivement de 0,4 à 1,1°C et de 0,8 to 2,6°C. Ces résultats valent pour tout l'éventail de scénarios du RSSE, étayés par plusieurs modèles climatiques.

2. Il est prévu que certaines régions deviennent plus humides et d'autres plus sèches, et que les taux de précipitations augmentent dans l'ensemble.
3. Il est prévu que le niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale augmente de 0,09 à 0,88 m entre 1990 et 2100. Les augmentations prévues au cours des périodes 1990-2025 et 1990-2050 sont respectivement de 0,03 à 0,14 m et de 0,05 à 0,32 m. Cette augmentation est principalement due à la dilation thermique et à la fonte des glaciers et des calottes polaires.

Les projections concernant des circonstances climatiques extrêmes (par ex. inondations, vagues de chaleur, etc.) envisagent :

1. Des températures maximales plus élevées ; davantage de journées chaudes et de vagues de chaleur sur presque toutes les zones terrestres.
2. Des températures minimales plus élevées ; moins de journées froides, de jours de gel et de vagues de froid sur presque toutes les zones terrestres.
3. Des précipitations plus intenses sur de nombreuses régions.
4. Un assèchement estival accru dans la plupart des régions continentales situées à une latitude moyenne, accompagné de risque de sécheresse.
5. Une augmentation de l'intensité des pointes maximales des vents ainsi que de l'intensité des précipitations moyennes et maximales des cyclones tropicaux.

Ces prévisions peuvent entraîner des contraintes thermiques accrues pour les hommes et pour les animaux d'élevage, réduisant la productivité dans certaines régions. Elles peuvent également atténuer les froids extrêmes, notamment aux latitudes supérieures et moyennes de l'hémisphère Nord.

Impacts sur les zones humides

Le changement climatique risque d'influer sur les zones humides et leur biodiversité de manière directe (par ex. du fait des changements de température) ou indirecte (par ex. du fait des modifications de l'hydrologie). Les incidences seront fonction de la morphologie côtière et de l'équilibre entre l'élévation du niveau de la mer, les dépôts et l'érosion dans les bassins hydrographiques et les zones littorales. Les zones humides jouent un rôle important dans les cycles mondiaux de l'eau et des éléments chimiques, notamment les gaz à effet de serre, et ces cycles seront perturbés par les changements climatiques. Le risque des incidences des changements climatiques augmentera en fonction du taux et de l'ampleur de ces deniers. On prévoit les incidences spécifiques suivantes :

1. Une augmentation initiale de la productivité dans certaines régions situées aux latitudes moyennes et diminution dans les régions tropicales et sub-tropicales, même en cas de réchauffement de quelques degrés.
2. Des effets défavorables sur les zones humides côtières et les pêcheries côtières. On prévoit par exemple une intensification du blanchissement des récifs coralliens et une diminution des mangroves dans de nombreuses zones littorales.
3. Une diminution de l'eau disponible dans de nombreuses régions arides et semi-arides.
4. Une augmentation de la productivité sylvicole, notamment dans les zones humides boisées, bien que la gestion des forêts risque d'être entravée par des nuisances accrues (infestations de parasites et feux de forêt).

On prévoit que les incidences seront dans l'ensemble plus néfastes que bénéfiques pour les zones humides. Les systèmes continentaux et littoraux risquent de subir des incidences importantes et précoces, à savoir :

1. Une augmentation des niveaux d'inondation, crues d'orage, accélération de l'érosion littorale, invasion d'eau salée dans les nappes phréatiques d'eau douce, empiètement des eaux de marée dans les estuaires et les réseaux fluviaux et une augmentation des températures à la surface des mers et des température au sol.
2. Des impacts défavorables sur les mammifères marins et les oiseaux de mer, notamment les populations d'oiseaux migrateurs et nomades qui dépendent des habitats côtiers.

On prévoit que les pays en voie de développement seront les plus sensibles au changement climatique ; certains d'entre eux sont déjà sujets aux inondations et aux sécheresses. Une part importante des économies de ces pays se situent dans des « secteurs sensibles au climat ». Ces pays disposent de plus d'une faible capacité d'adaptation en raison de capacités financières, institutionnelles et techniques insuffisantes, et d'un accès restreint aux connaissances.

Les sociétés traditionnelles indigènes qui dépendent des zones humides continentales et littorales sont déjà vulnérables (voir également McDonald *et al.* 1997), et ces impacts prévus ne feront qu'accroître leur vulnérabilité.

Les changements climatiques exerceront une pression supplémentaire sur les systèmes écologiques. De plus, des processus tels que la perte, la modification et la fragmentation des habitats, ainsi que l'introduction et l'expansion des espèces non indigènes influenceront sur les impacts du changement climatique. Une projection réaliste de l'état futur des écosystèmes de la planète se doit de prendre en compte les schémas de l'utilisation des sols et de l'eau par l'homme, qui influera grandement sur la capacité des organismes à répondre aux changements de climat par la migration. La composition des écosystèmes les plus courants risque de changer, étant donné qu'il est peu probable que les espèces constituant un écosystème se déplacent ensemble. Les changements les plus rapides sont prévus là où ils seront accélérés par des changements dans les schémas de perturbations non liés au climat, naturels et anthropiques.

Les risques d'extinction s'accroîtront pour de nombreuses espèces déjà vulnérables. Les espèces aux aires de répartition limitées au plan climatique et/ou aux exigences d'habitats restreints et/ou ayant de petites populations sont les plus vulnérables en terme d'extinction, telles les espèces et les biotes endémiques limités aux îles, péninsules ou régions côtières. À l'inverse, les espèces ayant des aires de répartition étendues, non fragmentées, des mécanismes de dispersion de grande ampleur et des populations importantes sont moins menacées d'extinction. Alors qu'il existe peu de preuves suggérant que le changement climatique ralentira l'appauvrissement des espèces, les preuves sont nombreuses suggérant le risque d'intensification de cet appauvrissement.

Les impacts sur les oiseaux d'eau

La nature générale des impacts du changement climatique sur les oiseaux d'eau peut être identifiée, mais leur étendue, leur intensité et leur calendrier sont difficiles à prévoir avec exactitude, tous les modèles du changement climatique mondial étant à une trop grande échelle et l'écologie de la plupart des oiseaux d'eau étant insuffisamment comprise. Potentiellement, presque tous les aspects de leur écologie peut être affectée directement ou indirectement. Cependant, les impacts les plus graves et ceux qui risquent de survenir le plus tôt (certains ont déjà été constatés) incluent les pertes d'habitats intertidaux et l'augmentation de la salinité dans les habitats côtiers d'eau douce (due à l'élévation du niveau de la mer), la réduction de la surface des zones humides et une inondation plus longue des zones arides et semi-arides résultant des changements de variabilité climatique, ainsi que la perte des habitats de reproduction dans les zones humides arctiques et subarctiques, perte due au réchauffement, qui engendre également l'expansion des forêts boréales et des feux de forêts.

L'ampleur des pertes d'habitats intertidaux et leur impact sur les oiseaux d'eau de rivage dépend de la capacité des environnements côtiers à se déplacer vers l'intérieur des terres pour répondre à l'élévation du niveau de la mer. Le cas échéant, en raison soit d'un manque de défenses côtières artificielles, soit de leur suppression, il est possible que les zones intertidales s'étendent et on peut s'attendre à des changements des caractéristiques sédimentaires, notamment à une augmentation des sédiments sableux grossiers. Tout ceci peut bénéficier à certaines espèces telles que l'Huîtrier pie, *Haematopus ostralegus*. Il est toutefois vraisemblable qu'autour d'un grand nombre de zones, les défenses côtières soient renforcées, entraînant une compression des habitats intertidaux et une perte de zones intertidales totales. Pour les États-Unis, Galbraith *et al.* (2002) ont prévu qu'en 2100, entre 20 et 70 % des zones intertidales existantes auraient disparu, ce qui aura de graves répercussions sur les nombres totaux d'oiseaux de rivage qu'elles peuvent héberger (Norris & Atkinson 2000). Les zones intertidales restantes resteront moins longtemps à découvert durant un cycle tidal. Le temps que les oiseaux de rivage passent à se nourrir à marée basse dépend de la taille de leur corps et des températures ambiantes, et elle est plus longue au moment où ils accumulent des réserves, avant la migration (Zwarts *et al.* 1990, Piersma & Jukema 1990). Les plus petites espèces, qui passent presque la totalité de leur temps à se nourrir (Dann 1999), peuvent potentiellement être les plus gravement atteintes. Une réduction de la dépense d'énergie métabolique découlant des hausses de température ne semble pas devoir compenser la perte de temps d'affouragement. Certaines zones intertidales deviendront certainement inutilisables pour les plus petites espèces. Dans les autres, on peut s'attendre à ce que moins d'individus survivent pendant l'hiver et ensuite au cours de la migration. La moins bonne condition physique des oiseaux à leur arrivée dans les zones de reproduction de l'Arctique, peut nuire à la reproduction des échassiers migrateurs et des autres espèces, telles que les gibiers d'eau (Newton 1998, Pettifor *et al.* 2000).

Les changements survenant au niveau des périodes d'immersion et des caractéristiques sédimentaires ainsi que les hausses de températures entraîneront à leur tour des changements au niveau de la distribution, de l'abondance et de la croissance des populations intertidales d'invertébrés, proies des oiseaux de rivage (Decker & Beukema 1999, Beukema 2002), aboutissant dans certains cas à une augmentation de la nourriture disponible. Cette relation n'est toutefois pas totalement claire, l'élévation des températures pouvant également être nuisible à la condition physique de certains invertébrés en hiver et donc entraîner une réduction de la valeur nutritive des proies (Honkoop & Beukema 1997).

Les effets de l'élévation des températures sur les communautés végétales seront particulièrement prononcés dans l'Arctique (Neilson & Drapek 1998), ce qui donnera lieu, outre d'autres changements, à une expansion de la forêt boréale dans les actuelles toundras, dans lesquelles deux tiers de toutes les espèces d'oies et 95 % de tous les bécasseaux *Calidris* se reproduisent. Suite à l'expansion de cette forêt et selon les espèces et le degré de réchauffement, entre 5 et 93 % des aires de reproduction des oiseaux d'eau se reproduisant dans la toundra devraient avoir disparu aux environs de 2070-2099 (Zöckler & Lysenko 2000). Le succès annuel de la reproduction de certaines espèces est lié aux températures printanières (Zöckler & Lysenko 2000) et l'élévation des températures risque d'accroître la productivité, ce qui est susceptible de compenser dans une certaine mesure les pertes d'habitat. Par contre, il semble toutefois que la prédation doive entraîner la perte de davantage de nids et de poussins si des prédateurs des régions tempérées, tels que le Renard roux *Vulpes vulpes*, viennent à élargir leur aire de répartition (Parmesan & Yohe 2003).

Les changements des schémas mondiaux de circulation entraîneront une altération des schémas de précipitations qui s'élèveront dans certaines régions et diminueront dans d'autres. Ces dernières comprennent des régions actuellement sèches, telles que l'Australie et certaines parties de l'Asie et de l'Afrique. Dans ces régions, les zones humides et les populations d'oiseaux d'eau sont déjà soumises à une forte pression en raison des pertes d'habitats générées par l'agriculture, de l'affaiblissement des cours d'eau dû aux prélèvements effectués pour l'irrigation, de la pollution et de la salinisation croissante (Kingsford & Johnson 1998, Kingsford 2000, Kingsford & Norman 2002). Les populations d'oiseaux d'eau des continents secs se caractérisent par leurs périodes de reproduction imprévisibles et relativement rares, une survie élevée des adultes et une forte mobilité. Une reproduction fructueuse

exige souvent des inondations exceptionnelles durant suffisamment longtemps pour que le cycle de reproduction puisse être complet (Leslie 2001, Kingsford & Norman 2002). Une diminution des précipitations fera augmenter les intervalles entre les inondations et raccourcira leur durée. Il faudra tout d'abord s'attendre à des reproductions et repeuplements moins fructueux, qui seront suivis par une moins grande survie chez les adultes, puis par des déclinés généralisés de populations. Une analyse des taux de survie du Phragmite des joncs, *Acrocephalus schoenobaenus*, un passereau des zones humides, se reproduisant en Grande-Bretagne et hivernant dans l'Ouest de l'Afrique nous renseigne sur la sensibilité de ce type de systèmes. Fortement liés aux précipitations dans l'Ouest de l'Afrique, les taux annuels de survie variaient de 2,5 à 55 % (Peach *et al.* 1991).

Il faut également s'attendre à des changements concernant les populations d'oiseaux d'eau dans les zones moins sévèrement touchées. L'élévation des températures fera avancer les saisons de reproduction et réduira peut-être la mortalité hivernale (Crick & Sparks 1999, Winkler *et al.* 2002). On doit également s'attendre à ce que la structure de la végétation des zones humides change, modifiant l'aspect physique des habitats et la productivité des plantes. L'existence de grandes variations régionales est un fait quasi certain, les populations d'oiseaux d'eau augmentant dans certaines zones et diminuant dans d'autres (Smart & Gill 2003).

LE RÔLE DE L'ADAPTATION

L'adaptation peut potentiellement réduire les effets négatifs du changement climatique mais elle ne peut pas éviter que certains impacts se fassent ressentir. De nombreuses options d'adaptation (projets et processus conçus pour réduire l'impact du changement climatique) susceptibles de réduire les impacts négatifs et d'accroître les effets bénéfiques du changement climatique ont été identifiées, mais elles entraîneront des coûts (voir van Dam *et al.* 2002, Gitay *et al.* 2002). L'adaptation est une stratégie nécessaire en complément des efforts visant à atténuer le changement climatique (actions délibérées pour réduire les sources ou améliorer les puits des gaz à effet de serre). Adaptation et atténuation peuvent contribuer aux objectifs de développement durable pour les zones humides.

Les activités d'adaptation peuvent promouvoir la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité et réduire l'impact des changements climatiques et des extrêmes climatiques sur la biodiversité. Ces activités incluent l'établissement d'une mosaïque de réserves à usages multiples reliées les unes aux autres, conçues pour prendre en compte les changements climatiques prévus, ainsi que des activités de gestion intégrée des terres et de l'eau destinées à réduire les pressions non climatiques s'exerçant sur la biodiversité et de là, à rendre les systèmes moins vulnérables aux changements climatiques. Certaines de ces activités d'adaptation peuvent également rendre l'homme moins vulnérables aux extrêmes climatiques. L'efficacité des activités d'adaptation et d'atténuation peut être accrue si celles-ci sont intégrées à des stratégies plus vastes d'amélioration de la durabilité des trajets de développement.

La façon dont différentes espèces répondront aux changements résultant du réchauffement global sera déterminée par leur capacité d'adaptation individuelle inhérente et le temps nécessaire à la prise d'effet de ces adaptations. Notamment, les schémas de migration des oiseaux changeront et seront très différents parmi les espèces, selon les différentes latitudes et régions de la biosphère. La définition la plus générale de la migration animale est donnée par Baker (1978) : « Migration : déplacements d'une unité spatiale à une autre ». La forme classique de migration des oiseaux est un mouvement saisonnier régulier des aires de reproduction aux aires de repos (souvent nommés quartiers d'hivernage) et vice-versa (Schüz *et al.* 1971), mais les déplacements d'oiseaux revêtent des formes très différentes : dispersion, irruption, migration partielle, migration différentielle, etc. (Berthold 1993).

De nombreuses études ont montré que toutes les principales conditions préalables morphologiques, physiologiques et comportementales à la migration des oiseaux sont sous contrôle génétique direct (Seebohm 1901, Butler & Woakes 1990, Mönkkönen 1992). Il est par conséquent possible que les schémas migratoires endogènes ne changent pas assez rapidement pour une adaptation

au réchauffement global et de ce fait que les espèces soient obligées de modifier l'ampleur de leurs schémas migratoires. Il existe des preuves que certaines espèces d'oiseaux migrateurs de la région méditerranéenne ont réduit leur comportement migratoire en raison du réchauffement global (Berthold 1988, Berthold & Terrill 1988). La plus grande incidence prévue de la sécheresse dans les régions subtropicales est susceptible de donner lieu à de plus grandes migrations durant la saison sèche parmi les espèces résidentes, entraînant sur les sites de destination une compétition directe pour la nourriture entre les espèces résidentes et les espèces migratrices. À de plus hautes latitudes, les hivers s'adouissant, les espèces autochtones et partiellement, les espèces migratrices, survivront mieux, les oiseaux migrant sur de longues distances se trouvant alors désavantagés à leur arrivée sur les sites de reproduction déjà occupés par de plus grands nombres de résidents. D'un autre côté, les changements climatiques peuvent également avoir des effets positifs, tels que l'expansion des populations subtropicales à de plus hautes latitudes (Berthold 1988), et déclencher un flux génétique sans précédent et donc une multitude de processus micro-évolutifs.

Les considérations ci-dessus impliquent que durant les décennies à venir, les changements trouvant place dans le globe (y compris le changement climatique) joueront un rôle majeur en faveur de la survie de certaines espèces et en désavantageront certaines autres, voire menaceront leur survie. Il est probable que les espèces partiellement ou moins nettement migratrices parviendront à développer des populations résidentes, mais nous ne savons pas encore à quelle rapidité les oiseaux migrants sur de longues distances réussiront à réduire leur comportement migratoire de façon à pouvoir demeurer sur les sites de reproduction toute l'année dans l'éventualité de sévères changements climatiques (Berthold 1993). Les espèces migratrices dont les aires de répartition et les sites d'affouragement sont restreints (sur leurs sites de reproduction et en-dehors de ces derniers), ou sur lesquels pèsent d'autres menaces telles que perte et modification de l'habitat, pollution et envahissements par des plantes, semblent devoir être les plus affectées.

Pour les espèces migratrices et notamment celles migrant sur de longues distances, les scientifiques doivent réaliser davantage de recherches pour déterminer :

1. les effets de l'altération de l'habitat au niveau des haltes et des sites d'hivernage ;
2. le nombre de types majeurs d'habitats et les lieux dans lesquels ils se trouvent, au moyen d'inventaires, ainsi que les capacités d'accueil de ces habitats ; et
3. le comportement, l'aire de résidence et les ressources nécessitées par les espèces semblant être les plus vulnérables au réchauffement global.

Sur le plan de la gestion et de la conservation, des efforts doivent être fournis pour :

1. le maintien des inventaires des populations d'oiseaux migrateurs. Ces inventaires doivent former la base permettant de déterminer et de désigner les habitat critiques dans le cadre de diverses solutions de gestion et de là, encourager les adaptations spécifiques connues.
2. l'identification, l'obtention et la protection des haltes et des sites d'hivernages critiques, et tout particulièrement pour les espèces dont les populations tendent à se concentrer sur un petit nombre de sites ; et
3. la prise en charge des politiques et des législations à l'échelle continentale ou mieux encore, si possible, à l'échelle de l'itinéraire de migration.

ÉVALUATION DU RISQUE

L'évaluation du risque écologique n'est pas un instrument nouveau mais c'est au cours de ces dernières années que l'utilité de son emploi dans la gestion des zones humides a été encouragée et officiellement acceptée par la Convention de Ramsar sur les zones humides (van Dam *et al.* 2002). Le

risque écologique peut être décrit comme la probabilité de l'apparition d'un effet écologique négatif d'une ampleur spécifique. L'évaluation du risque écologique essaie donc de quantifier l'ampleur d'un impact écologique et la probabilité de son apparition (US EPA 1998). Ceci fournit une approche structurée itérative permettant de prendre des décisions rationnelles et transparentes basées sur les meilleures connaissances disponibles et la reconnaissance des incertitudes qui y sont liées.

Il existe diverses formes de cadres d'évaluation du risque (US EPA 1998, AS/NZS 1999, van Dam *et al.* 1999, US EPA 2003, Hart 2004) qui comprennent toutefois généralement des étapes similaires, qui sont la plupart du temps la *formulation du problème/identification du risque*, l'*évaluation des effets*, l'*évaluation de l'exposition (probable)* et la *caractérisation du risque* (Fig. 4). Les étapes supplémentaires, telles que la communication, la réduction et la surveillance continue du risque, sont également critiques durant l'intégralité du processus décisionnel, et sont nécessaires pour achever le cycle de gestion du risque (Burgman 2004). En outre, l'identification (et la quantification) des principales incertitudes et lacunes permet de classer par ordre priorité les recherches à effectuer et les données à acquérir qui, par le biais de l'itération de l'évaluation du risque, sont susceptibles de réduire les incertitudes en matière de prévision des risques et de leurs résultats.

Les applications de l'évaluation du risque écologique sont nombreuses et incluent des évaluations allant du niveau du critère de sélection (qualitative) aux détails (quantitatifs) ou une combinaison des deux (c'est-à-dire une évaluation graduelle du risque écologique), de prédictive à rétrospective à l'échelle temporelle, de locale à globale à l'échelle spatiale, et d'un agent stressant simple à de multiples agents stressants (US EPA 1998, Burgman 2004). De plus en plus, l'évaluation du risque est utilisée dans le cadre des bassins hydrographiques afin d'évaluer, de classer par priorité et de gérer les multiples agents stressants, cheminements, ressources / atouts écologiques et valeurs sociales en jeu (Serveiss 2001, Hart *et al.* 2003). Par exemple, des évaluations du risque à l'échelle du bassin-versant ont été entreprises en Amérique du Nord (voir les résumés de Serveiss 2001) et en Australie (Begg *et al.* 2001, Pollino *et al.* 2005), qui estiment les risques relatifs et/ou cumulatifs que présentent pour les écosystèmes aquatiques les multiples agents stressants, y compris les produits toxiques, nutriments, sédiments et régimes d'écoulement altérés. En outre, le développement d'un instrument d'aide à la décision pour classer par priorité, protéger ou restaurer les zones humides importantes pour la qualité de l'eau de la Grande barrière de corail, en Australie, comprend un processus d'évaluation et de comparaison des risques écologiques à travers les multiples sites des zones humides et découlant de multiples menaces (Finlayson *et al.* 2004).

Bien que le changement climatique soit l'une des plus grandes menaces pesant sur les écosystèmes des zones humides (voir van Dam *et al.* 2002), il s'avère actuellement que peu d'évaluations du risque écologique – si ce n'est aucune – ont été réalisées sur ce thème. Généralement, l'évaluation de la vulnérabilité a été employée pour aider à l'identification des impacts potentiels du changement climatique et de l'élévation du niveau de la mer (IPCC & Coastal Zone Management Subgroup 1991, Waterman 1996). Le processus d'évaluation de la vulnérabilité demande une identification des pressions climatiques et non-climatiques (par exemple la déforestation, la pollution de l'eau, le captage des eaux, la surpêche), mais n'implique pas spécifiquement une évaluation structurée des risques relatifs de ces pressions ou des interactions existant entre elles. Il existe de nombreuses similitudes entre l'évaluation du risque écologique et l'évaluation de la vulnérabilité – un sujet actuellement pris en main par le Groupe d'évaluation scientifique et technique de la Convention de Ramsar sur les Zones humides.

L'utilisation de méthodologies existantes et émergentes pour l'évaluation du risque écologique (par exemple approches de Bayes et des fréquentistes, voir Burgman 2004) devrait améliorer les évaluations de la vulnérabilité des impacts du changement climatique sur les zones humides comme suit :

1. en incluant les risques écologiques des pressions existantes aussi bien que le changement climatique prévu ;

2. en comparant les risques écologiques des pressions existantes et prédites /prévues, y compris le changement climatique ;
3. en évaluant l'impact du changement climatique sur les risques de pressions existantes/prévues (par exemple les espèces envahissantes, le captage/la disponibilité de l'eau) ; et
4. en fournissant un processus structuré permettant d'identifier explicitement les principales incertitudes, ainsi que les informations et recherches afférentes manquantes.

Une évaluation du risque écologique lié à de multiples agents stressants à l'échelle du captage en cours pour le captage du Magela Creek dans la région d'Alligator Rivers (ARR) du Nord de l'Australie (Finlayson & Bayliss 2005) offre un exemple de l'application de l'évaluation du risque lié à de multiples pressions dans les zones humides. L'évaluation se concentre sur les risques écologiques relatifs et cumulatifs de l'extraction du minerai d'uranium, de l'envahissement par les plantes, des animaux sauvages et de l'invasion d'eau salée, cette dernière menace étant l'une des conséquences majeures pour la région de l'élévation prévue du niveau de la mer en raison du changement climatique. Des analyses initiales évaluant la probabilité d'un changement négatif survenant suite à des pressions individuelles fournissent une base de comparaison de la probabilité relative des effets négatifs. Les analyses comparatives fournissent également une base pour la réévaluation des résultats et de la véracité de l'information utilisée, notamment lorsque les résultats s'avèrent inattendus. Il est en outre possible de relier les modèles écologiques aux modèles d'évaluation du risque.

Pour les analyses de Magela, des efforts ont été réalisés pour inclure des modèles d'adéquation d'habitat pour les principales plantes telles que la para grass *Urochloa mutica* et le mimosa *Mimosa pigra*, et des modèles conceptuels pour l'écologie d'affouragement des populations d'oiseaux d'eau, ceci en vue d'évaluer les risques relatifs que font peser diverses pressions, parmi lesquelles les prévisions du changement climatique. Ceci offre un exemple de l'utilité de l'évaluation du risque dans la prise en main de pressions multiples, mais il faut souligner que ces évaluations ne peuvent être valables que si elles sont soutenues par suffisamment d'informations essentielles. Le modèle d'évaluation du risque fournit non seulement des informations sur les risques relatifs mais aussi une méthode structurée pour identifier les informations manquantes. Concernant l'évaluation en cours des conséquences du changement climatique pour les zones humides et les oiseaux d'eau, les diverses prévisions données ci-dessus peuvent potentiellement être soutenues par l'application de l'évaluation du risque écologique, notamment lorsque de multiples pressions sont en jeu et lorsque des analyses probabilistes peuvent être utilisées pour identifier les réactions individuelles et compenser le manque d'information. Tout ceci est bien connu d'un point de vue scientifique, mais il n'existe pas suffisamment de preuves montrant que ces types d'approches peuvent être efficacement intégrées à des régimes de gestion et de surveillance des zones humides et des oiseaux d'eau.

INFORMATIONS NÉCESSAIRES ET LACUNES IDENTIFIÉES

Comme nous l'avons vu ci-dessus, il est communément admis que les activités humaines nuisent aux écosystèmes et à leur capacité à fournir des services d'écosystèmes supportant l'homme et la vie sur terre en général. Comme le changement climatique et les autres pressions environnementales sont liées, il nous faut évaluer les effets des multiples pressions si nous voulons développer des programmes et entreprendre des actions en faveur du développement durable et du bien-être de l'homme. Cette évaluation inclut :

1. l'acquisition de connaissances sur l'étendue, la condition et l'hydrologie d'un grand nombre de zones humides, (Finlayson *et al.* 1999) ;
2. l'amélioration de la compréhension de la réponse des zones humides et des espèces qui y vivent aux changements des facteurs climatiques et autres pressions (van Dam *et al.* 2002) ;

3. le développement de données et de modèles pour la distribution géographique des espèces et leur réponse au changement climatique au niveau régional (van Dam *et al.* 2002, IPCC 2002) ;
4. le développement de modèles incluant les schémas d'utilisation des terres et des eaux par l'homme, afin de disposer de prévisions réalistes sur l'état futur des zones humides ; et
5. des indicateurs pour mesurer l'effet des options d'adaptation au changement climatique et d'atténuation de ce dernier.

Des systèmes de diverses complexités sont de plus en plus souvent développés pour aider les gestionnaires à prendre des décisions dans le cadre de scénarios de gestion complexes, tels que celui présenté par les pressions générées par le changement climatique. Différents experts techniques ont récemment encourager l'évaluation du risque écologique en tant qu'instrument d'aide à la prise de décision dans la gestion des zones humides (Finlayson *et al.* 2004, Hart 2004). Comme les interactions entre le changement climatique et les nombreuses autres pressions touchant les zones humides ne sont pas claires, il est recommandé de réaliser des évaluations quantitatives du risque écologique afin de prendre en main l'incertitude qui caractérise actuellement de nombreuses options de gestion ou d'adaptation pour l'utilisation durable des zones humides.

RÉFÉRENCES

- AS/NZS** 1999. Risk Management. Australian Standards, New Zealand Standards, No. 4360. Standards Australia, Canberra, Australie.
- Baker, R.R.** 1978. The Evolutionary Ecology of Animal Migration. Hodder & Stoughton, Londres, Royaume-Uni.
- Begg, G.W., van Dam, R.A., Lowry, J.B., Finlayson, C.M. & Walden, D.J.** 2001. Inventory and Risk Assessment of Water Dependent Ecosystems in the Daly Basin, Northern Territory, Australia. Supervising Scientist Report 162. Supervising Scientist, Darwin, Australie.
- Berthold, P.** 1988. Evolutionary aspects of migratory behaviour in European warblers. *Journal of Evolutionary Biology* 1: 195-209.
- Berthold, P.** 1993. Bird Migration. A General Survey. Oxford Ornithology Series. Oxford University Press, Royaume-Uni.
- Bertold, P. & Terrill, S.B.** 1988. Migratory behaviour and population growth of blackcaps wintering in Britain and Ireland: some hypotheses. *Ringling & Migration* 9: 153-9.
- Beukema, J.J.** 2002. Expected changes in the benthic fauna of Wadden Sea tidal flats as a result of sea-level rise or bottom subsidence. *Netherlands Journal of Sea Research* 47: 25-39.
- Burgman, M.A.** 2004. Risks and Decisions for Conservation and Environmental Management. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni.
- Butler, P.J. & Woakes, A.J.** 1990. The physiology of bird flight. Dans : E. Gwinner (réd.) Bird migration: the physiology and ecophysiology. Springer-Verlag, Berlin: 300-318.
- Crick, H.Q.P. & Sparks, T.H.** 1999. Climate change related to egg-laying trends. *Nature* 399: 423-424.
- Dann, P.** 1999. Feeding periods and supratidal feeding of Red-necked Stint and Curlew Sandpipers in Western Port, Victoria. *Emu* 99: 218-222.

- Decker, R. & Beukema, J.J.** 1999. Relations of summer and winter temperatures with dynamics and growth of two bivalves, *Tellina tenuis* and *Abra tenuis*, on the northern edge of their intertidal distribution. *Netherlands Journal of Sea Research* 42: 207-220.
- Finlayson, C.M. & Bayliss, P.** 2005. Landscape-scale and multiple pressure analyses of services provided by tropical floodplains, in the Alligator Rivers Region, northern Australia. *Millennium Ecosystem Assessment, Volume 1, Sub-global program*. À paraître.
- Finlayson, C.M. & D'Cruz, R.** 2005. Inland Water Systems. Dans : *Millennium Ecosystem Assessment, Volume 1, Conditions and Trends, Millennium Ecosystem Assessment: Strengthening Capacity to Manage Ecosystem Sustainably for Human Well-being*. À paraître.
- Finlayson, C.M., Davidson, N.C., Spiers, A.G. & Stevenson, N.J.** 1999. Global wetland inventory – Status and priorities. *Marine and Freshwater Research* 50: 717-727.
- Finlayson, C.M., van Dam, R.A., Benzaken, D. & Ingliss, R.** 2004. Towards the development of a decision support system to select wetlands for strategic intervention. Rapport d'un atelier technique qui s'est déroulé à Townsville, du 8 au 9 décembre 2003. Ministère australien de l'Environnement et du Patrimoine, Canberra, Australie. (<http://www.deh.gov.au/coasts/information/pubs/workshop.pdf>)
- Galbraith, H., Jones, R., Park, R., Clough, J., Herrod-Julius, S., Harrington, B. & Page, G.** 2002. Global climate change and sea level rise: potential losses of intertidal habitat for shorebirds. *Waterbirds* 25: 173-183.
- Gitay, H., Suarez, A., Watson, R.T. & Dokken, D.** (rédacteurs). 2002. IPCC/ GEIC, IPCC Technical Paper V. Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, Genève, Suisse.
- Hart, B.T.** 2004. Environmental risks associated with new irrigation schemes in Northern Australia. *Ecological Management and Restoration* 5: 107-111.
- Hart, B.T., Lake, P.S., Webb, J.A. & Grace, M.R.** 2003. Ecological risk to aquatic ecosystems from salinity increases. *Australian Journal of Botany* 51: 689-702.
- Honkoop, P.J.C. & Beukema, J.J.** 1997. Loss of body mass in winter in three intertidal bivalve species: an experimental and observational study of the interacting effects of water temperature, feeding time and feeding behaviour. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 212: 277-297.
- IPCC / GIEC** 2001. Bilan 2001 des changements climatiques : Rapport de synthèse. Contribution des Groupes de travail I, II et III au Troisième Rapport d'évaluation du Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat. R.T. Watson et équipe principale de rédaction. Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, USA.
- IPCC / GIEC** 2002. Climate Change and Biodiversity. Dans : H. Gitay, A. Suarez, R.T. Watson & D. Dokken (rédacteurs) IPCC Technical Paper V. Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, Genève, Suisse.
- IPCC & Coastal Zone Management Subgroup** 1991. Common Methodology for Assessing Vulnerability to Sea Level Rise. Ministère des Transports, des Travaux publics et de la Gestion des eaux, La Haye, Pays-Bas.
- Kingsford, R.T.** 2000. Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia. *Austral Ecology* 25: 109-127.

- Kingsford, R.T. & Johnson, W.** 1998. Impact of water diversions on colonially-nesting waterbirds in the Macquarie Marshes of arid Australia. *Colonial Waterbirds* 21: 159-170.
- Kingsford, R.T. & Norman, F.I.** 2002. Australian Waterbirds – products of the continent’s ecology. *Emu* 102: 47-69.
- Leslie, D.** 2001. Effect of river management on colonially-nesting waterbirds in the Barmah-Millewa forest, south-eastern Australia. *Regulated Rivers: Research and Management* 17: 21-36.
- McDonald, M., Arragutainaq, L. & Novalinga, Z.** 1997. Voices from the Bay. Canadian Arctic Resources Committee and Environmental Committee of the Municipality of Sanikiluaq, Ottawa, Canada. (Voir aussi <http://www.isuma.net/>).
- Mönkkönen, M.** 1992. Life history traits of Palearctic and Nearctic migrant passerines. *Ornis Fennica* 69: 161-172.
- Neilson, P.R. & Drapek, R.J.** 1998. Potentially complex biosphere responses to transient global warming. *Global Change Biology* 4: 505-521.
- Newton, I.** 1998. Population Limitation in Birds. Academic Press, Londres, Royaume-Uni.
- Norris, K. & Atkinson, P.W.** 2000. Declining populations of coastal birds in Britain: victims of sea-level rise and climate change? *Environmental Reviews* 8: 303-323.
- Parmesan, C. & Yohe, G.** 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37-42.
- Peach, W., Baillie, S. & Underhill, L.** 1991. Survival of British sedge warblers *Acrocephalus schoenobaenus* in relation to West African rainfall. *Ibis* 133: 300-305.
- Pettifor, R.A., Caldow, R.W.G., Rowcliffe, J.M., Goss-Custard, J.D., Black, J.M., Hodder, K.H., Houston, A.I., Lang, A. & Webb, J.** 2000. Spatially explicit, individual-based, behavioural models of the annual cycle of two migratory goose populations. *Journal of Applied Ecology* 37: 103-135.
- Piersma, T. & Jukema, J.** 1990. Budgeting the flight of a long-distance migrant: changes in nutrient reserve levels of Bar-tailed Godwits at successive staging sites. *Ardea* 78: 315-337.
- Pollino, C.A., Woodberry, O., Nicholson, A. & Korb, K.** 2005. Parameterising Bayesian Networks: A case study in ecological risk assessment. Dans : V. Kachitvichyanukul, U. Purintrapiban & P. Utayopas (rédacteurs). *Compte-rendu de la Conférence internationale de 2005 sur la Simulation et la Modélisation*.
- Schüz, E., Berthold, P., Gwinner, E. & Oelke, H.** 1971. *Grundriß der Vogelzugskunde*. Parey, Berlin-Hamburg, Allemagne.
- Seeböhm, H.** 1901. *Birds of Siberia*. Murray, Londres.
- Serveiss, V.B.** 2001. Applying ecological risk principles to watershed assessment and management. *Environmental Management* 29: 145-154.
- Smart, J. & Gill, J.** 2003. Climate change and the potential impact on breeding waders in the U.K. *Wader Study Group Bulletin* 100: 80-85.
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency)** 1998. Guidelines for Ecological Risk Assessment. EPA/630/R-95/002F. Risk Assessment Forum, Washington, D.C.

- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency)** 2003. Framework for Cumulative Risk Assessment. EPA/630/P-02/001F. Risk Assessment Forum, Washington, D.C.
- van Dam, R.A., Finlayson, C.M. & Humphrey, C.L.** 1999. Wetland risk assessment: a framework and methods for predicting and assessing change in ecological character. In: C.M. Finlayson & A.G. Spiers (rédacteurs) Techniques for Enhanced Wetland Inventory, Assessment and Monitoring. Supervising Scientist Report 147. Supervising Scientist, Canberra, Australie: 83-118.
- van Dam, R., Gitay, H., Finlayson, M., Davidson, N.J. & Orlando, B.** 2002. Climate Change and Wetlands: Impacts, Adaptation and Mitigation. Document de base (DOC.SC26/COP8-4) préparé pour la 26^{ème} Réunion du Comité permanent de la Convention sur les zones humides (Convention de Ramsar) qui a eu lieu du 3 au 7 décembre 2002, à Gland, Suisse
- Waterman, P.** 1996. Australia's coastal vulnerability report. DEST, Canberra, ACT.
- Winkler, D.W., Dunn, P.O. & McCulloch, C.E.** 2002. Predicting the effects of climate change on avian life-history traits. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 99: 13595-13599
- Zöckler, C. & Lysenko, I.** 2000. Waterbirds on the edge. WCMC Biodiversity Series No. 11. UNEP-World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, Royaume-Uni.
- Zwarts, L., Blomert, A.M. & Hupkes, R.** 1990. Increase in feeding time in waders preparing for spring migration from the Banc D'Arguin, Mauritanie. Ardea 78: 237-256.

Fig. 1. Changements observés dans les concentrations atmosphériques de dioxyde de carbone (CO_2), de méthane (CH_4) et d'oxyde nitreux (N_2O) au cours du dernier millénaire et du dioxyde de soufre (SO_2) au cours des 600 dernières années (IPCC 2001).

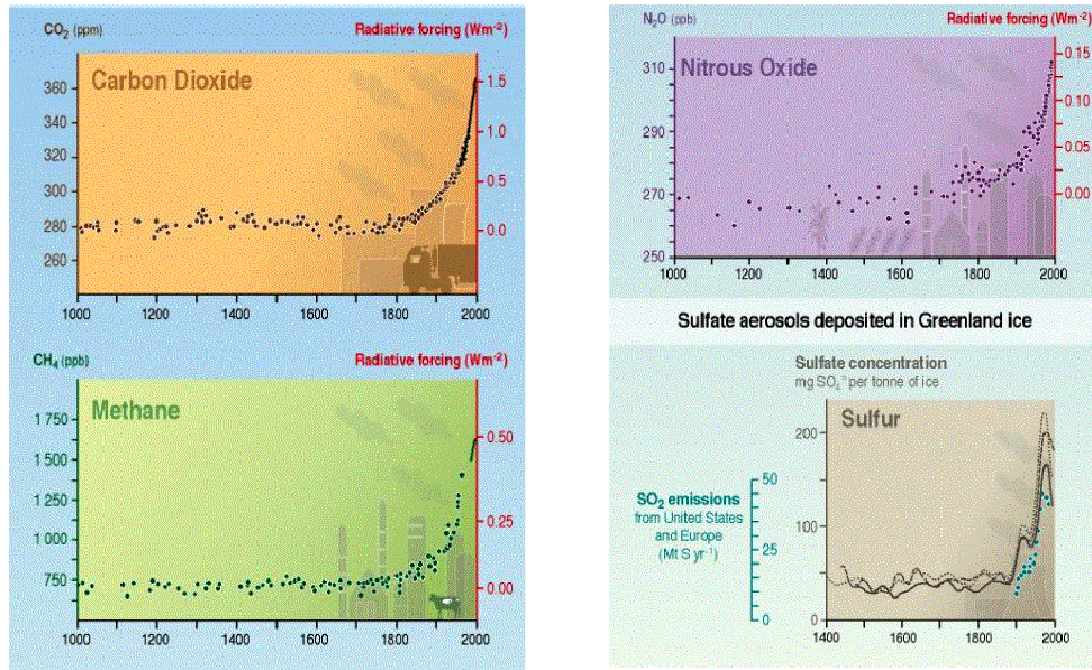


Fig. 2. Changements observés dans les températures mondiales de surface (IPCC 2001).

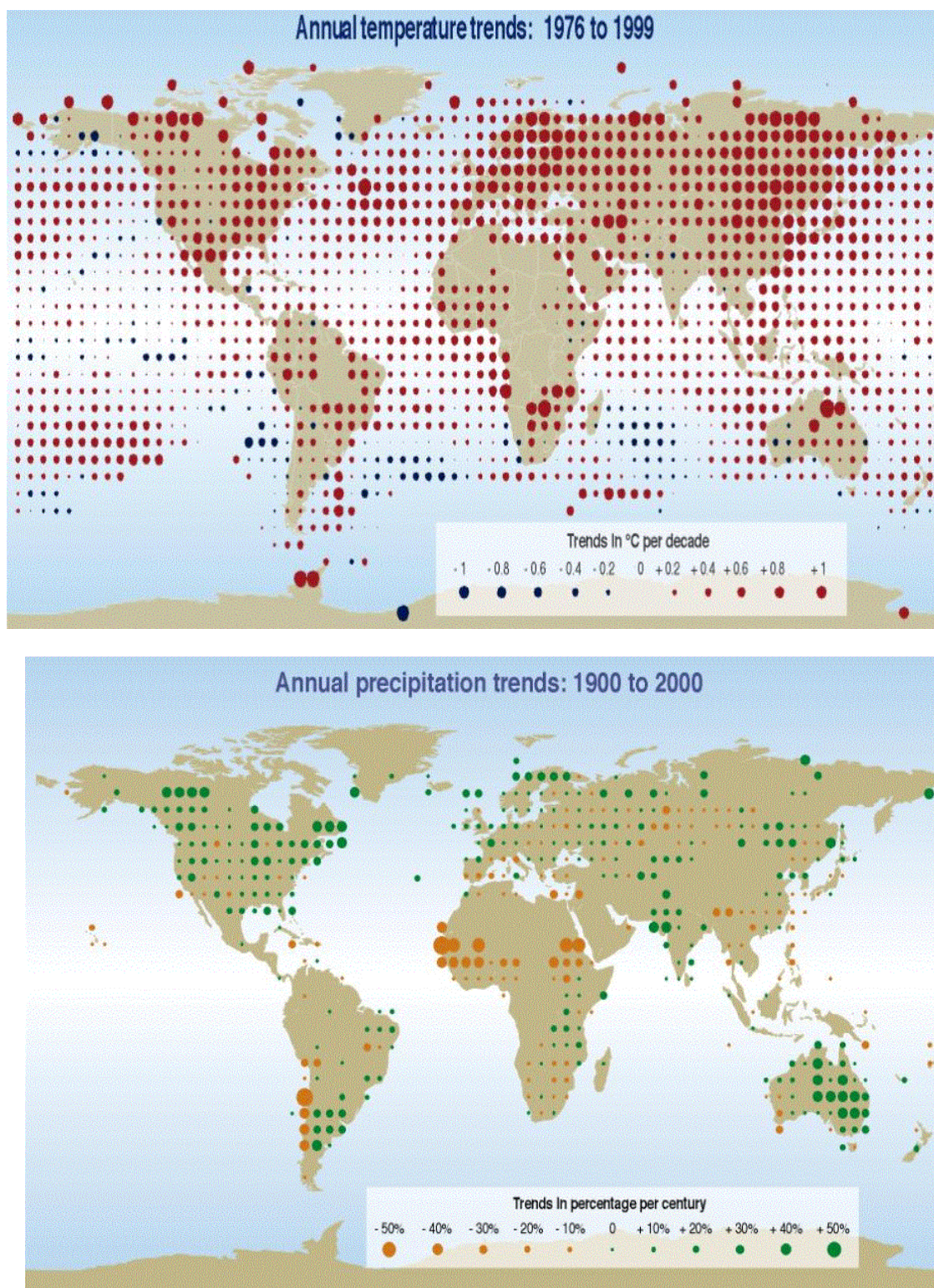
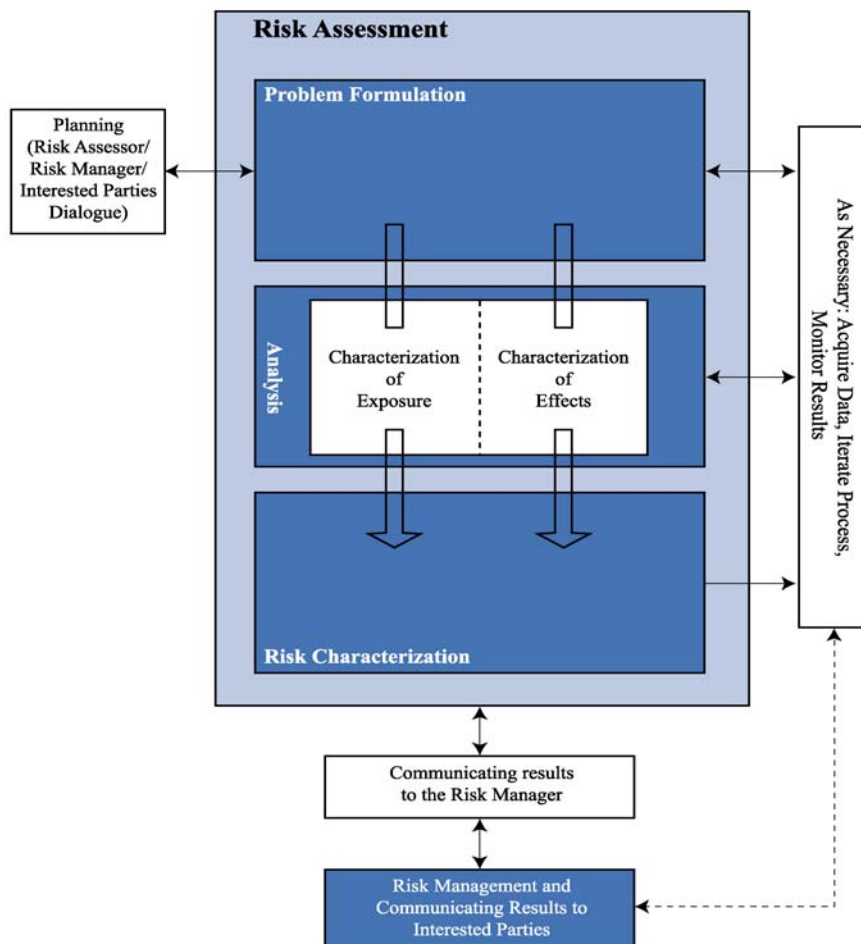


Fig. 4. Cadre général d'évaluation du risque écologique (modifié à partir de US EPA 1998).



Recommandations concernant les oiseaux migrateurs extraites de *Climate change and migratory species (Changement climatique et espèces migratrices)*¹

7.10.2. Priorités essentielles en matière de conservation

Les changements dus au climat intervenant dans les zones d'habitats, la phénologie et la démographie influenceront probablement à l'avenir sur toutes les espèces d'oiseaux, indépendamment de leur statut de migration, mais trois domaines clés valent spécialement pour les oiseaux migrateurs :

- L'augmentation de la fréquence des sécheresses et la désertification du Sahel rendent plus difficile le voyage de migration vers le Nord de nombreuses espèces de passereaux (notamment les membres migrateurs appartenant à la famille des Muscicapidae, figurant à l'Annexe II de la CMS).
- L'entretien d'un réseau de sites de zones humides de haute qualité afin de permettre à de nombreux échassiers et gibiers d'eau (figurant aux Annexes I et II de la CMS) de terminer leur voyage migratoire. Ces sites sont menacés par l'élévation du niveau de la mer et une baisse du niveau de la surface de la nappe phréatique ainsi que parfois par une exploitation anthropique critique. Il s'agit dans de nombreux cas de faire tout simplement un bon usage des mesures existantes. Une compilation des inventaires de ces sites et de leur statut pour chaque voie de migration constituerait une étape utile dans l'évaluation de la cohérence du réseau de migration ; une grande partie de ces informations sont déjà disponibles mais dispersées dans la littérature spécialisée.
- Le maintien des programmes de surveillance continue à long terme, étant donné que ceux-ci sont extrêmement importants pour détecter les nouveaux impacts imprévus du changement climatique. Les oiseaux, du fait de leur popularité, sont peut-être les mieux surveillés de tous les groupes taxinomiques. Ils font ainsi l'objet de programmes de surveillance s'appuyant sur la participation de très nombreux bénévoles. Les changements dans les populations d'oiseaux peuvent servir office de système d'avertissement précoce des changements pouvant avoir également un impact sur d'autres parties de la chaîne alimentaire et d'autres groupes taxinomiques.

7.10.3 Priorités essentielles au niveau de la recherche

Les effets et les impacts du changement climatique sur les populations sont bien documentés et bien compris pour les oiseaux considérés dans leur ensemble, mais des travaux supplémentaires s'imposent pour comprendre complètement et prévoir correctement les impacts de l'évolution climatique. Les domaines de recherche principaux sont :

- La compréhension des mécanismes étayant les réponses observées face au changement climatique afin de mieux mettre en œuvre les mesures d'adaptation.
- La compréhension de la force et de la prévalence des facteurs de densité de population (et de façon plus générale des facteurs limitant la population) dans les processus de régulation de population.

¹ Robinson, R.A., Learmouth, J.A., Hutson, A.M. Macleod, C.D., Sparks, T.H., Leech, D.I., Pierce, G./J., Rehfisch, M.M. & Crick, H.Q.P. *Climate change and migratory species*. Report to DEFRA. BTO Research Report 414. 304 pp. www.defra.gov.uk/wildlife-countryside/resprog/findings/climatechange-migratory

C'est une démarche indispensable pour réaliser des modèles et des prévisions exacts des futurs changements de population.

- La compréhension de l'importance et de la nécessité de variabilité génétique pour permettre aux populations de répondre au changement climatique. Les connaissances sur ce sujet sont à l'heure actuelle très limitées.