CHAPITRE 3

LE PATRIMOINE NATUREL DE LA TERRE

Auteurs principaux :

Bastian Bertzky, Monika Bertzky and
Graeme L. Worboys

Collaborateurs :

Lawrence S. Hamilton

CONTENU

- Introduction
- Les processus naturels de la Terre
- Géodiversité
- Biodiversité
- Des aires protégées garantes du patrimoine naturel de la Terre
- Les priorités pour la conservation de la biodiversité mondiale
- Introduction à la gestion des écosystèmes
- ConclusionA
- Références

Convention sur la
diversité biologique

AUTEURS PRINCIPAUX

BASTIAN BERTZKY est chercheur postdoctoral au Centre commun de recherche de la Commission européenne, en Italie, et membre de la Commission mondiale des aires protégées (CMAP) de l'UICN.

MONIKA BERTZKY est une consultante indépendante basée en Italie et membre de la CMAP de l'UICN.

GRAEME L. WORBOYS est vice-président de la CMAP de l'UICN, Conservation de la connectivité et montagnes, et chercheur associé à la Fenner School de l'Université nationale australienne.

COLLABORATEURS

LAWRENCE S. HAMILTON est membre honoraire de l'UICN, conseiller principal de la CMAP et membre du Groupe de spécialistes de la CMAP sur la conservation de la connectivité et les montagnes.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier Guy Castley ainsi que deux relecteurs anonymes pour leurs précieux commentaires. Leurs remerciements s'adressent également aux personnes et organisations suivantes : Clinton Jenkins de l'Escola Superior de Conservação Ambiental e Sustentabilidade et de l'Instituto de Pesquisas Ecológicas (Brésil), Naomi Kingston et Diego Juffe-Bignoli du Centre mondial de surveillance continue de la conservation de la nature du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE-WCMC), Christelle Perruchoud de l'UICN, Yichuan Shi de l'UICN et du PNUE-WCMC et Javier Martínez-López du Centre commun de recherche de la Commission européenne.

CITATION

Bertzky, B., Bertzky, M., Worboys, G. L. et Hamilton, L. S. Le patrimoine naturel de la Terre. In Worboys, G. L., Lockwood, M., Kothari, A., Feary, S. et Pulsford, I. (éd.). *Gouvernance et gestion des aires protégées*. Canberra : ANU Press, 2020. doi.org/10.22459/GGAP.03

PHOTO DE LA PAGE DE TITRE

Girafe (*Giraffa camelopardis*) dans le parc national du Kruger, en Afrique du Sud. La girafe est le plus grand animal terrestre, et atteint entre 5 et 6 mètres de hauteur. Elle se caractérise par un long cou et de longues jambes. On la trouve généralement dans des savanes africaines sèches et ouvertes où elle broute à une hauteur inaccessible aux autres animaux. C'est une espèce remarquable qui fait partie du riche patrimoine naturel de la Terre.

Source : Graeme L. Worboys

Introduction

Lieu unique en son genre, la Terre peut paraître vaste, voire infinie, mais lorsque l'on voit les photos prises par les robots envoyés sur Mars au début du ^{xxi}^e siècle, on s'aperçoit que la Terre n'est finalement qu'un point lumineux perdu dans la vaste étendue de l'espace. Vue de Mars, la Terre se perd dans l'immensité de la Voie lactée et de l'univers. De telles images nous rappellent, que la Terre porte la vie, mais que ses ressources restent extrêmement limitées. La planète recèle des merveilles naturelles extraordinaires, façonnées par plus de 4,5 milliards d'années de changements géologiques et d'évolution. C'est un monde dynamique qui est le théâtre d'événements géologiques stupéfiants, de turbulences et d'agitations océaniques et atmosphériques, de phénomènes météorologiques incessants, et d'érosion et de création de nouveaux reliefs. Enfin, bien sûr, notre planète abrite un ensemble très riche de formes de vies ayant chacune leur propre dynamique d'adaptation, d'évolution et contribuant toutes à la santé et à la viabilité de la Terre.

Pour toutes ces raisons, la Terre est une planète unique. Il est donc dans l'intérêt des humains et de toutes les autres espèces que ses valeurs intrinsèques soient comprises, respectées, et que les systèmes entretenant la vie soient protégés et durables. La protection du patrimoine naturel de la Terre met l'accent sur le rôle et l'importance des aires protégées et des pratiques de conservation à grande échelle. Ces aires protégées et les mesures de conservation prises à l'échelle mondiale aident à préserver le patrimoine naturel ainsi que les processus écosystémiques, les habitats et les espèces qui favorisent la vie. La protection et la conservation de la nature ont un effet modérateur, essentiel pour freiner la voracité d'une population humaine grandissante et prête à consommer les ressources naturelles à un rythme qui menace désormais les systèmes entretenant la vie partout dans le monde (MEA, 2005).

Il est impératif que les professionnels chargés de la gestion des aires protégées comprennent les valeurs intrinsèques de la planète. Dans ce chapitre, nous donnons un aperçu de ces valeurs : nous décrivons certains des processus naturels de la Terre ainsi que sa géodiversité et sa biodiversité exceptionnelles ; puis nous évoquons brièvement l'impact global des hommes sur le patrimoine naturel de la planète depuis le début du ^{xxi}^e siècle. Ceci nous aide à comprendre l'importance de toutes les aires protégées, qu'elles soient gouvernées par l'État, par des acteurs privés, ou qu'il s'agisse d'Aires et territoires du patrimoine autochtone et communautaire (APAC), ainsi que l'intérêt du travail de chaque gestionnaire et garde au niveau d'une aire protégée ou d'un réseau d'aires

protégées. C'est la somme de ces individus et des efforts de conservation déployés au niveau local qui permet le maintien de la vie sur Terre.

Ce chapitre décrit également les contextes écorégionaux dans lesquels s'inscrivent ces contributions individuelles à la conservation. Il étayera la manière dont les efforts fournis par les professionnels de la conservation à l'échelle des aires protégées, par les agences chargées de la gestion d'aires protégées et par les pays, s'inscrivent dans un cadre global de conservation de la biodiversité sur Terre. Les gestionnaires et gardes d'aires protégées du monde entier luttent pour sauver des espèces emblématiques et menacées tout en renforçant la viabilité des populations protégées. En Australie, par exemple, les gestionnaires d'aires protégées aident à protéger le koala (*Phascolarctos cinereus*) et le kangourou (*Macropus* spp.) ; en Inde et au Népal, ils protègent le tigre (*Panthera tigris*) et le rhinocéros (*Rhinoceros unicornis*) ; en Afrique, l'éléphant (*Loxodonta africana*) et le lion (*Panthera leo*) ; en Amérique du Nord, l'ours brun (*Ursus arctos*) et le bison (*Bison bison*). Ce qu'il faut bien comprendre c'est que la Terre est une entité finie et que la conservation de sa biodiversité doit beaucoup au travail des professionnels des aires protégées. De nombreuses personnes et organisations collaborent également au-delà des frontières nationales pour conserver les habitats des espèces migratrices.

Ce chapitre décrit brièvement 12 biens du patrimoine mondial afin d'illustrer l'exceptionnalité du patrimoine naturel de la Terre. Ces études de cas présentent des phénomènes naturels majeurs et des écosystèmes particuliers, qu'ils soient terrestres, d'eau douce ou marins (figure 3.1). La Convention du patrimoine mondial, adoptée en 1972, cherche à encourager l'identification et la protection des « valeurs universelles exceptionnelles », culturelles ou naturelles, de notre patrimoine. Cette convention a été adoptée au début du ^{xxi}^e siècle par la quasi-totalité des nations du monde et l'on comptait, en 2014, 222 aires protégées, parmi les plus belles du monde, sur la prestigieuse liste des Sites du patrimoine mondial. Ces 222 sites naturels et mixtes (naturels et culturels) représentent 7 % des aires protégées terrestres connues et 19 % des aires marines protégées (IUCN, 2013a) et se caractérisent par la diversité de leurs catégories de gestion et de leurs systèmes de gouvernance.

Les processus naturels de la Terre

Les aires protégées contribuent à la conservation de la nature, mais, inversement, la nature a une influence sur leur environnement et sur leur gestion. On pense souvent

Figure 3.1 Répartition des 222 sites naturels et mixtes du patrimoine mondial et localisation des études de cas (points rouges)

Source : IUCN et UNEP-WCMC (2014)

que les gestionnaires des aires protégées connaissent bien tous les mécanismes naturels et les éléments pouvant avoir un impact sur la zone dont ils sont responsables. Comprendre et être capable de détecter si un phénomène est naturel ou non permet aux gestionnaires de prendre de meilleures décisions et d'intervenir en cas de besoin.

Les processus géologiques

La croûte terrestre est la couche externe froide et instable de la Terre qui comprend la croûte océanique et la croûte continentale et que l'on nomme communément lithosphère. Sept plaques tectoniques en mouvement constant couvrent la majorité de la lithosphère. Leurs mouvements sont peu perceptibles à l'échelle d'une année, mais ont un impact visible à une échelle de temps géologique et sont responsables de la répartition des continents telle que nous la connaissons aujourd'hui. On peut également observer des effets localisés de mouvements de la lithosphère à divers endroits dans le monde. Voici quelques exemples de phénomènes géologiques affectant la croûte terrestre : l'extension des fonds sous-marins, les mouvements de la plaque océanique – notamment lorsqu'elle passe en dessous des continents (subduction), la création de chaînes de montagnes, l'activité volcanique, les tremblements de terre, l'érosion, l'altération et le dépôt. Bien que ces événements se déroulent sur des périodes de temps géologiques, ils impactent parfois directement les aires protégées, en particulier les tremblements de terre, l'activité volcanique, l'altération et l'érosion. Il est très

Parc national de Sagarmatha (Mont Everest), bien du patrimoine mondial, paysage et site de pratiques de conservation anciennes

Source : Ashish Kothari

important que les gestionnaires d'aires protégées soient préparés à ces événements géologiques et comprennent les causes qui les sous-tendent.

De nombreuses aires protégées sont connues pour conserver des empreintes géologiques de la dynamique de la croûte terrestre (voir chapitre 18). Les montagnes telles que le Mont Everest et les Dolomites, l'immense caverne karstique du parc national de Phong Nha-Ke Bang au Vietnam, les hautes cascades comme celles du Yosemite aux États-Unis et les volcans actifs comme ceux de la péninsule de Kamtchatka en Russie sont des exemples remarquables des conséquences de ces événements géologiques.

Étude de cas 3.1 Les îles Galápagos, Équateur : bien du patrimoine mondial depuis 1978

Domaine biogéographique : néo-tropique ; biome : déserts et terres arbustives xériques

Archipel de 127 îles, îlots et rochers situés à environ 1 000 kilomètres des côtes équatoriennes, dans l'océan Pacifique, les îles Galápagos couvrent plus de 140 000 km² de terres et de mers. La différence d'âge entre l'île la plus jeune, à l'ouest de l'archipel, et les îles plus anciennes à l'est, a révélé l'influence fondamentale des processus géologiques et volcaniques de la zone. Les îles Galápagos sont le point de rencontre de trois plaques tectoniques majeures et sont soumises à une activité sismique continue. De fait, les deux îles les plus jeunes, Isabella et Fernandina, sont toujours en cours de formation.

L'extraordinaire biodiversité des îles Galápagos fut révélée au monde par Charles Darwin. Le phénomène d'évolution par radiation adaptative est non seulement visible en comparant l'ensemble de l'archipel au continent, mais aussi en comparant les îles les unes aux autres. Les pinsons

de Darwin en sont probablement l'exemple le plus connu au monde, mais ne sont pas les seuls. Les moqueurs, les iguanes marins, les escargots terrestres, les cormorans aptères, les tortues géantes et plusieurs groupes de plantes et d'insectes sont également le fruit de spécialisations évolutives similaires, et les taux d'endémisme sur ces îles sont donc extrêmement élevés.

La mer entourant les îles est bien protégée ; elle fait partie de la réserve marine des Galápagos dont les eaux renferment une biodiversité tout aussi impressionnante que celle de la terre ferme. Trois courants océaniques se rencontrent à cet endroit dont l'écosystème est considéré comme le plus riche du monde. À ce jour, plus de 2 900 espèces marines ont été recensées et plus de 18 % d'entre elles sont endémiques. Compte tenu de toutes ces caractéristiques, les îles Galápagos sont aussi considérées comme un véritable musée vivant sur l'évolution.

Source : adapté de UNESCO (2014)

Pour les gestionnaires de nombreuses aires protégées, le risque de tels événements géologiques est faible, mais pour d'autres ils représentent un risque permanent. Par exemple, le bien du patrimoine mondial des îles Galápagos en Équateur (étude de cas 3.1) repose sur la plaque terrestre la plus active de la planète : la plaque tectonique de Nazca. Cette plaque bouge vers l'Est et le Sud en direction de l'Amérique du Sud et se situe au-dessus d'un panache thermique volcanique stationnaire provoquant de fréquentes éruptions volcaniques (Constant, 2004). Ces dernières (qui eurent lieu sur une période relativement longue) ont formé un archipel dont les îles les plus jeunes se trouvent près du volcan, tandis que les plus anciennes ont été rapprochées du continent sud-américain par les mouvements de la plaque tectonique. Les différents âges des îles, leur l'isolation et l'adaptation dont ont dû faire preuve les espèces qu'on y trouve sont autant d'éléments qui inspirèrent Darwin lorsqu'il formula sa théorie selon laquelle la sélection naturelle est au cœur de l'évolution.

Climat

On considère souvent notre atmosphère comme stable et on présuppose qu'elle l'a toujours été et qu'elle le restera. C'est une hypothèse risquée puisque l'atmosphère est un espace fini, dynamique, qui a indéniablement changé de manière substantielle au cours des dernières 4,5 milliards d'années. Il est essentiel que l'humanité prenne conscience que c'est la vie sur Terre qui a permis la création de conditions nécessaires à l'apparition d'autres formes de vie consommant de l'oxygène. En effet, l'oxygène de notre atmosphère, celui que nous respirons,

Île Bartolomé, bien du patrimoine mondial des îles Galápagos, Équateur

Source : photothèque de l'UICN © Imène Meliane

était initialement produit par des organismes vivants et c'est cet oxygène qui continue à être produit aujourd'hui par certaines formes de vie.

Composition atmosphérique

Aujourd'hui, au XXI^e siècle, notre atmosphère est composée principalement d'azote (environ 78 %), d'oxygène (21 %), d'argon (1 %) et d'un certain nombre d'autres gaz comme le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau, ainsi que de poussières et particules de pollution. Il n'y avait pourtant pas d'oxygène à l'origine sur

Terre. L'atmosphère originelle de la planète a été créée il y a environ 3,8 milliards d'années par une intense activité volcanique émettant de grandes quantités de gaz composé notamment de nitrogène, de dioxyde de carbone, de vapeur d'eau, d'ammoniac, de méthane et d'autres gaz en plus faible quantité. Il n'y avait alors pas d'oxygène atmosphérique, mais l'eau issue des rejets de vapeurs volcaniques a participé à la formation des premiers océans (Palmer, 2009).

À cette période de l'évolution, des organismes vivants tels que les algues bleu-vert utilisaient la lumière du soleil, le dioxyde de carbone et l'eau pour produire des hydrates de carbone et, surtout, rejetaient de l'oxygène (Biello, 2009). Le taux d'oxygène dans l'atmosphère augmenta petit à petit et varia au cours du temps, mais constitua toujours la base de l'évolution de la vie. Il est arrivé, à certaines périodes critiques, qu'il n'y ait pas assez d'oxygène dans l'atmosphère. Par exemple, pendant le Permien et le Trias, il y a environ 252 millions d'années, des changements soudains de la composition de l'atmosphère terrestre eurent lieu et provoquèrent une extinction massive. Au cours de cette période, une importante activité volcanique, ainsi que les émanations de dioxyde de soufre et la forte évaporation d'eau qui en ont résulté, eurent lieu dans les trapps de Sibérie ; les océans s'appauvrirent en oxygène, conduisant à l'extinction de la plupart des espèces marines et de nombreuses plantes et animaux terrestres (Mc Namara, 2009).

Dans son livre *The Emerald Planet* (2007:44), David Beerling décrit ainsi le rôle de l'oxygène à une époque plus récente (le Phanérozoïque) : « le taux d'oxygène de l'atmosphère terrestre est intimement lié à l'évolution de la vie des plantes (...) l'oxygène est créé par la photosynthèse lors de laquelle les plantes transforment la biomasse et rejette de l'oxygène dans l'atmosphère. »

Il affirme que lorsque les plantes (marines ou terrestres) meurent elles sont « des mets de choix pour les animaux, bactéries et champignons qui consomment leurs restes et utilisent de l'oxygène en ce faisant » (Beerling, 2007:44). Beerling (2007:44) note également que toute la matière organique n'est pas forcément décomposée et que

l'enfouissement progressif et continu des restes de plantes dans le sol et dans la mer implique qu'une fraction de l'oxygène produit lors de sa synthèse ne peut être récupérée par des procédés chimiques ou biologiques. Ainsi, il s'accumule et est rejeté dans notre atmosphère en petites quantités, année après année.

Système naturel de la réserve de l'île de Wrangel, Fédération de Russie

Source : © Gabrielle et Michelle Therin-Weise

Plus tard, des processus géologiques de soulèvement tectonique, d'altération et d'érosion exposèrent et brisèrent ces roches, utilisant ainsi de l'oxygène (Beerling, 2007). Grâce à cette oxydation, le niveau d'oxygène dans l'atmosphère se rééquilibra. Ce processus contrôle la teneur en oxygène de l'atmosphère au cours des temps géologiques, mais « la teneur en oxygène de l'air que nous respirons aujourd'hui n'est en réalité pas fixée à 21 % » (Beerling, 2007:59), elle continue à varier.

La composition de l'atmosphère est dynamique, et les niveaux d'oxygène sont maintenus grâce à la vie sur Terre, mais les activités humaines destructives des habitats naturels affectent cet équilibre et ces processus. Les aires protégées aident à maintenir des écosystèmes sains qui contribuent directement à maintenir les niveaux d'oxygène dans l'atmosphère, les processus écologiques et la vie qui, ensemble, garantissent la qualité de notre atmosphère.

Le dioxyde de carbone, puissant gaz à effet de serre, est un autre gaz dont la concentration dans l'atmosphère varie, en particulier à notre époque, en raison du développement des activités humaines. Cette concentration évolue en fonction de la pollution émise par l'homme et a de graves conséquences sur le climat (voir chapitre 17). Face à cette menace, l'une des solutions envisagées par l'homme est la gestion des stocks et puits de carbone naturels. Les aires protégées peuvent notamment aider à conserver les forêts naturelles, qui sont le plus grand puits de carbone terrestre (voir chapitre 20), afin qu'elles continuent à séquestrer le carbone. La protection des forêts naturelles est l'une des « solutions naturelles » essentielles face au défi des changements climatiques (Dudley et al., 2010) (voir chapitre 17). Certains environnements marins importants, tels que les herbiers sont aussi d'importants

puits de carbone (voir chapitre 20). Les aires protégées peuvent grandement contribuer à nos efforts de réduction de la pollution au dioxyde de carbone et des effets négatifs du réchauffement climatique. Elles permettent également de réduire la concentration des contaminants aériens et des poussières, assainissant ainsi l'atmosphère.

Circulation atmosphérique

L'air est constamment en mouvement, et la circulation atmosphérique pourrait être décrite de manière simpliste comme étant constituée de mouvements d'air chaud allant vers les hautes latitudes et des mouvements d'air froid se déplaçant vers les tropiques, même si bien sûr, cela est complexifié par l'effet de Coriolis et du courant-jet. Autrefois, pour naviguer, les marins utilisaient les vents dominants dont les variations saisonnières annonçaient l'arrivée de la mousson et des pluies nécessaires à la vie et à l'agriculture. De tels changements de conditions des vents saisonniers peuvent également annoncer le début d'une saison sèche.

La circulation atmosphérique globale détermine les conditions climatiques de chaque aire protégée. Elle influence les saisons, la météo, ainsi que la situation et les modifications des conditions de vie des espèces et de leurs habitats. Des températures plus élevées causées par les changements climatiques peuvent entraîner une évaporation accrue, un plus fort taux d'humidité dans l'atmosphère, des niveaux d'énergie plus élevés et une augmentation de la fréquence et de la violence des orages dans certaines régions. Dans d'autres régions, ce sont les sécheresses qui se sont aggravées. En ce ^{xxi}e siècle marqué par des changements climatiques mondiaux, la nature de la circulation atmosphérique évolue, et il importe que les gestionnaires d'aires protégées comprennent les implications de ces changements en matière de phénomènes météorologiques et leurs effets sur les milieux naturels des aires protégées qu'ils gèrent.

Climats du monde

Le climat est l'état moyen du temps sur une très longue période et se mesure par la température, les précipitations, le vent et la pression atmosphérique. Le climat d'une aire protégée dépend de la latitude, de l'altitude, du terrain, de la proximité des montagnes et de la proximité de grandes étendues d'eau. Les grands climats du monde ont été cartographiés en utilisant le système de classification de Köppen-Geiger identifiant 12 climats différents sur la planète (tableau 3.1).

Les climats de la planète évoluent et il est possible d'anticiper leurs changements grâce à une analyse de l'augmentation des concentrations de dioxyde de carbone. Ainsi, les météorologues prévoient que les températures

augmenteront, les précipitations seront plus ou moins importantes suivant les endroits, les sécheresses plus graves et les tempêtes violentes plus fréquentes. Ces effets des changements climatiques seront un défi pour les gestionnaires d'aires protégées et pour la conservation de la biodiversité, car ils devraient s'accompagner de modifications de la répartition des espèces alors que les aires protégées, elles, sont statiques (voir chapitre 17).

Océans

Les cinq grands océans couvrent plus de 70 % de la surface de la planète et représentent une part importante de la dynamique de la Terre. Ils sont perpétuellement en mouvement, que ce soit sous l'action des marées, de la circulation de l'eau en surface, des effets du vent et des vagues, des courants locaux, des courants de profondeurs, des remontées d'eau profonde, etc. À cela s'ajoutent de violentes tempêtes et leurs répercussions, ainsi que les séismes et les tsunamis qui peuvent y être associés. Le niveau relatif de la mer a également changé au fil des temps géologiques et ces fluctuations ont contribué à façonner nos milieux côtiers. Les bas niveaux de la mer du Pléistocène et de l'Holocène, par exemple, ont influé sur les mouvements humains, et notamment la colonisation d'autres continents depuis l'Afrique (voir le chapitre 4). À cause des changements climatiques causés par l'homme, on assiste aujourd'hui à une élévation du niveau de la mer liée à la dilatation thermique de l'eau de mer et de la fonte des glaciers, en particulier des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique (IPCC, 2013).

Les niveaux élevés de dioxyde de carbone dans l'atmosphère et l'élévation des températures que cela engendre affectent à la fois les températures moyennes des océans de la planète et leur acidité (causée par de plus grandes quantités de dioxyde de carbone dissous et par la formation d'acides doux). Ces changements ont ensuite des effets sur la vie dans les océans, provoquant entre autres le blanchiment des systèmes de récifs coralliens et affectant le taux de calcification ou de dissolution d'organismes marins comme les coraux, les crustacés et les mollusques (voir chapitres 17 et 20).

Les changements atmosphériques induits par l'homme ont mené à une intensification de certains phénomènes naturels. L'augmentation du niveau de la mer et la violence accrue des tempêtes devraient transformer des reliefs côtiers qui sont stables depuis au moins 8 000 ans et créer de nouveaux reliefs. On peut notamment s'attendre à une érosion des gisements de sable côtiers tels que les plages, bancs de sable, avant-dunes et structures dunaires situées à la limite de l'océan, à des inondations de marais salants, marécages, basses vallées et deltas, et

Tableau 3.1 Douze différents climats de la planète

Climats tropicaux humides	
Les climats tropicaux humides se caractérisent par des moyennes annuelles de températures se situant au-dessus de 18°C, par l'absence de saison hivernale et par des précipitations annuelles abondantes et dépassant l'évaporation annuelle. Ils comprennent :	
	Les climats chauds avec de la pluie toute l'année (les précipitations du mois le plus sec sont > 6 cm)
	Les climats chauds avec des pluies de mousson (les précipitations du mois le plus sec sont < 6 cm)
	Les climats chauds avec des pluies saisonnières – les climats de savanes tropicales (les précipitations du mois le plus sec sont < 6 cm et la saison sèche est très marquée)
Climats secs	
Les climats secs se caractérisent par une évaporation dépassant en moyenne les précipitations tout au long de l'année. Ces climats comprennent :	
	Les climats de steppe – caractérisés par la présence de prairies (ce sont des climats intermédiaires entre les climats désertiques et les climats plus humides)
	Les climats désertiques (ce sont des zones arides où les précipitations annuelles sont < 40 cm)
Climats humides tempérés	
Les climats humides tempérés sont marqués par la présence d'un été et d'un hiver ; pendant le mois le plus froid, la température descend en dessous de 18°C, mais reste au-dessus de -3°C et il fait plus de 10°C pendant au moins un mois. Ces climats comprennent :	
	Les climats humides tempérés sans saison sèche (les précipitations du mois le plus sec sont > 3 cm)
	Les climats humides tempérés avec un hiver sec (où 70 % des précipitations tombent durant les 6 mois les plus chauds)
	Les climats humides tempérés avec un été sec (où 70 % des précipitations tombent durant les 6 mois d'hiver)
Climats de forêts enneigées	
La température moyenne du mois le plus froid est de moins de -3°C et la température moyenne du mois le plus chaud est de plus de 10°C. Ces climats comprennent :	
	Le climat de forêts enneigées avec un hiver humide (pas de saison sèche)
	Le climat de forêts enneigées avec un hiver sec
Climats polaires	
La température moyenne du mois le plus chaud est de moins de 10°C et il n'y a pas vraiment d'été. Ces climats comprennent :	
	Le climat de toundra (la température moyenne du mois le plus chaud est au-dessus de 0°C, mais en dessous de 10°C)
	Le climat de gel perpétuel (les températures mensuelles de tous les mois de l'année sont de moins de 0°C)

Source : Strahler (2011:260-2)

à une érosion plus active des récifs-barrière et des caps en raison de l'augmentation de la fréquence de tempêtes violentes (Short et Woodroffe, 2009).

Il est important que les gestionnaires d'aires protégées comprennent les dynamiques de ces processus marins ainsi que les besoins actuels de la conservation de la biodiversité marine et côtière. Dans le futur, de nombreuses aires côtières et marines protégées devront faire face aux violents impacts de ces phénomènes naturels

modifiés et amplifiés par les effets des changements climatiques. Afin d'être prêts à se confronter à ces changements, il est nécessaire que les gestionnaires connaissent à la fois les aspects scientifiques de ces dynamiques naturels et les particularités locales de leur environnement. Les stratégies qui seront adoptées face aux changements climatiques seront aussi, sans aucun doute, influencées par divers régimes sociopolitiques et diverses tendances mondiales.

Les gestionnaires doivent aussi anticiper la forte probabilité qu'il y ait des réponses politiques en réaction aux enjeux liés aux aires protégées lorsque la totalité des effets des changements climatiques sera finalement reconnue. Un des défis auxquels les gestionnaires vont être confrontés est la réponse politique « rapide », avec ses conséquences potentiellement nuisibles aux aires protégées. Les gestionnaires devront anticiper les problèmes inévitables et présenter, bien à l'avance, des solutions soigneusement étudiées basées sur une science rigoureuse. Les gestionnaires doivent constamment et clairement mettre en avant de telles solutions de réponses adaptatives (voir chapitre 17).

Géodiversité

La géodiversité décrit la composante géologique de la nature abiotique (non vivante) et est définie par Gray (2004:8) comme étant « la gamme (diversité) naturelle des éléments géologiques (roches, minéraux, fossiles), géomorphologiques (formes de reliefs) et pédologiques. Cela inclut leurs compositions, leurs relations, leurs propriétés, les interprétations qui y sont attachées et les systèmes qu'ils forment. »

Maîtriser les bases de la géodiversité et de quelques concepts plus spécifiques, tels que le patrimoine géologique et la géoconservation, fait partie intégrante du travail des gestionnaires d'aires protégées. Tous ces concepts sont définis dans ce livre (voir chapitre 18), qui souligne l'importance de la géodiversité, un des fondements de la vie et un déterminant clé de la biodiversité des aires protégées.

La géodiversité de la planète est un état dynamique. De nouvelles roches sont formées sous la surface terrestre (roches plutoniques) et au-dessus (roches volcaniques), via des processus de dépôt et compactage sédimentaire, de métamorphisme et de métasomatose. Ces roches, lorsqu'elles sont exposées à la surface, sont modifiées par les altérations physiques, chimiques et biologiques ainsi que par l'érosion. L'érosion peut être causée par l'eau, le vent ou la glace (glaciation) et les matériaux érodés peuvent ainsi former des dépôts transportés par ces trois éléments. Les éruptions volcaniques produisent des cendres et des nuées ardentes (des flux de cendres volcaniques extrêmement chaudes et retombant rapidement), et émettent des aérosols. Les impacts de météorites, plus rares, créent des cratères uniques ayant parfois une structure à couronnes.

Les déplacements de matières sur les pentes raides peuvent générer des avalanches de débris rocheux, des effondrements de sols meubles et de lahars (coulées de boue et de roches saturées d'eau). Les glissements de terrain, les effondrements de falaise, la solifluxion (mouvement provoqué par le gel et le dégel) et les effondrements sur les pentes abruptes sont tous des processus d'érosion dynamiques qui génèrent de nouvelles formes de relief. L'activité tectonique aussi peut donner vie à de nouvelles structures, montagnes ou bassins, créer des glissements de terrain, obstruer des rivières et provoquer des tsunamis dans les milieux marins. De nouveaux volcans peuvent se former, les zones géothermiques et leurs geysers produisent des dépôts, les rivières chargées de carbonate forment du travertin et du tuf, les chutes d'eau et les systèmes fluviaux déplaçant des sédiments peuvent créer des digues, des îles et des deltas. La géodiversité est en effet riche en processus naturels dynamiques que les gestionnaires d'aires protégées doivent prendre en considération lors de la planification et de la gestion du patrimoine géologique de leur région (Gray, 2004). Les gestionnaires peuvent avoir besoin de maîtriser certains détails techniques, par exemple :

- Le type de roche : la serpentinite et d'autres roches ultramafiques contiennent souvent des concentrations élevées de chrome et de nickel qui sont toxiques pour certaines plantes et ont une influence sur la composition de la végétation.
- La pertinence de l'utilisation de certaines roches comme matériau pour la construction de pistes et de routes : la composition chimique des différentes roches volcaniques et plutoniques, et en particulier le(s) feldspath(s) (minéral constituant la roche) qu'elles renferment, influence le choix de la roche utilisée pour la construction de pistes, et peut déterminer si une piste ou une route doit être construite ou non avec les matériaux considérés. Cet aspect a également un impact sur le coût de la construction.
- Les karsts de calcaire et de dolomite : ils doivent être pris en considération dans le cadre de la gestion des flux souterrains d'eau et des animaux troglobies ainsi que dans le cadre de la conservation et de la protection des grottes, des spéléothèmes, de dépôts subfossiles et des valeurs culturelles des grottes pour les hommes. Ceci est illustré dans le cas du site du patrimoine mondial du Parc national du Gunung Mulu en Malaisie (étude de cas 3.2).
- Les zones géothermiques : il est nécessaire d'assurer la sécurité des visiteurs dans des environnements contenant de l'eau et de la boue à très haute température ainsi qu'une faune et une flore extrémophiles rares.

- Les zones de montagnes et de falaises : il faut accorder une attention particulière à la sécurité des personnes en raison du risque potentiel d'effondrement et de glissements de terrain.

Les équipes chargées de la gestion des aires protégées comprennent parfois des géologues et des géophysiciens, mais peuvent aussi faire appel à une expertise externe pour les aider à prendre des décisions en lien avec les processus dynamiques de la terre.

Biodiversité

La vie sur terre est précieuse. Elle reflète le chemin parcouru depuis l'apparition des formes de vie les plus primaires, il y a des milliards d'années, et témoigne des processus évolutifs extraordinaires qui ont eu lieu au cours des 600 derniers millions d'années. La vie est déjà passée par cinq événements d'extinction massive et est peut-être sur le point de faire face à un sixième, qui, pour la première fois, sera causé par l'homme lui-même (encadré 3.1). Les formes de vie varient énormément des pôles à l'équateur et d'un continent à l'autre. La distribution des plantes, des animaux et autres organismes est influencée par des processus géologiques dynamiques, par les climats de la planète, par sa géodiversité ainsi que par des processus évolutifs localisés. Dans cette section, nous abordons la richesse de la biodiversité, en particulier la diversité des espèces et de leurs habitats.

Pour créer des aires protégées et les gérer efficacement, il est essentiel d'avoir au moins une compréhension de base des caractéristiques de la biodiversité d'une région, y compris de ses espèces et de ses écosystèmes clés, de leur état de conservation et des mesures de conservation requises pour maintenir ou améliorer leur statut. Lorsqu'elles sont disponibles, des informations sur le caractère irremplaçable, à l'échelle mondiale ou nationale, d'éléments spécifiques de la biodiversité peuvent également guider la création et la gestion d'aires protégées capables d'assurer la conservation de ces éléments (Ricketts et al., 2005 ; Langhammer et al., 2007 ; Le Saout et al., 2013).

Définition de la biodiversité

Alors, qu'est-ce que la biodiversité ? La « diversité biologique », ou « biodiversité », désigne la variété des formes de vie sur Terre. Cela comprend les plantes, les animaux, les champignons, les micro-organismes, l'information génétique qu'ils contiennent, les écosystèmes qu'ils forment et les processus écologiques qui les lient à de multiples échelles. La biodiversité a été définie à l'article 2 de la Convention des Nations Unies

Encadré 3.1 Le sixième phénomène d'extinction est-il causé par l'homme ?

Les espèces vivantes n'ont probablement jamais été aussi nombreuses qu'aujourd'hui, même si pas moins de 99 % de toutes les espèces ayant existé ont déjà disparu. L'extinction est un processus naturel qui se produit habituellement lentement et qui affecte seulement un petit nombre d'espèces sur de longues périodes (Barnosky et al., 2011). Pourtant, du fait des activités humaines, les populations de nombreuses espèces sont susceptibles de disparaître dans un avenir proche, ou ont déjà disparu (Barnosky et al., 2011 ; Dullinger et al., 2013 ; Duncan et al., 2013).

Dans le passé, la terre a connu cinq événements d'extinctions de masse résultant de diverses causes naturelles. Chacune de ces crises a entraîné la disparition de 75 % de toutes les espèces en l'espace d'une période géologiquement courte (de plusieurs centaines de milliers d'années à plusieurs millions d'années) (Barnosky et al., 2011). Le plus célèbre de ces événements s'est produit au cours du Crétacé, il y a environ 65 millions d'années, et a probablement été déclenché par l'impact de météorites et le refroidissement rapide de la planète qui a suivi. Il marque la fin de « l'âge des dinosaures ».

Sur la base des taux récents d'extinction, qui sont déjà sensiblement plus élevés qu'à l'époque où l'Homme n'existait pas encore (Pimm et al., 1995), et compte tenu du risque d'extinction des espèces répertoriées dans la Liste rouge des espèces menacées de l'UICN (IUCN, 2013b), on estime que 75 % de l'ensemble des espèces pourraient disparaître en l'espace de trois siècles seulement (Barnosky et al., 2011). Cela suggère que la sixième extinction de masse est en cours et serait pour la première fois causée par une seule espèce : l'Homme.

Face à cette crise, les sociétés humaines commencent à réagir en engageant des actions de conservation (incluant des mesures de conservation dans des zones telles que les aires protégées) afin de prévenir d'autres extinctions, ou du moins réduire le risque d'extinction de certaines espèces et populations (par exemple, Butchart et al., 2006, 2012). À titre d'exemple, l'Alliance pour l'extinction zéro (Alliance for Zero Extinction – AZE), cherche à identifier et à protéger les lieux d'extinction imminente où des espèces très menacées sont confinées à des sites particuliers (Ricketts et al., 2005 ; figure 3.10).

sur la diversité biologique (CDB) comme la « variabilité des organismes vivants de toute origine y compris, entre autres, les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques et les complexes écologiques

Étude de cas 3.2 Parc national du Gunung Mulu, Malaisie : bien du patrimoine mondial depuis 2000

Domaine biogéographique : indo-malais ; biome : forêts décidues humides tropicales et subtropicales

Situé sur l'île de Bornéo, le parc national du Gunung Mulu couvre près de 530 km² de terres et constitue la région karstique tropicale la plus étudiée au monde. Avec ses profonds canyons, ses rivières sauvages, ses cascades et ses montagnes couvertes de forêts tropicales, dont la plus haute atteint presque 2 380 mètres d'altitude, le paysage de Gunung Mulu est d'une beauté naturelle spectaculaire. En outre, on trouve dans le sous-sol de ce site certaines des plus grandes grottes au monde. La Salle du Sarawak, avec ses 600 mètres de long, 415 de large de 80 de hauteur, est considérée comme la plus grande cavité souterraine au monde. On y trouve également le plus large de tous les corridors souterrains connus à ce jour dans le monde et la grotte la plus longue d'Asie. Le parc illustre également remarquablement les changements majeurs qui ont marqué l'histoire de la Terre. On y trouve trois grandes formations rocheuses en schiste, grès et calcaire. Les dépôts alluviaux terrestres,

la géomorphologie et l'hydrologie souterraine fournissent des informations importantes concernant l'évolution tectonique et climatique de Bornéo.

La biodiversité du Gunung Mulu est également exceptionnelle. On trouve, parmi les 17 zones de végétation, environ 3 500 espèces de plantes vasculaires, dont 109 espèces de palmiers, ce qui fait du parc un des sites abritant le plus grand nombre d'espèces de palmiers au monde. Plus de 200 espèces de faune cavernicole ont été identifiées et la Grotte du cerf concentre le plus grand nombre d'espèces de chauves-souris différentes qu'on puisse trouver au sein d'une même grotte. Elle abrite également l'une des plus grandes colonies au monde de chauves-souris à queue libre (*Chaerephon plicata*), soit environ 3 millions. Une autre cavité accueille la plus grande colonie au monde de salanganes (*Aerodramus* sp.). Beaucoup d'espèces de la faune locale sont endémiques et 41 espèces figurent sur la Liste des espèces menacées.

Source : adapté de UNESCO (2014)

dont ils font partie ; cela comprend la diversité au sein des espèces, et entre espèces ainsi que celle des écosystèmes. » (CBD 1992:3).

Une espèce est globalement définie comme un groupe d'organismes partageant un patrimoine génétique spécifique (par exemple, le panda géant, *Ailuropoda melanoleuca*, est une espèce), bien que la spéciation puisse également se produire sans isolement génétique. Les gènes contiennent l'information qui permet de développer et maintenir les cellules d'un organisme et de transmettre cette information à sa descendance. Un habitat est l'environnement naturel dans lequel un organisme particulier vit (par exemple, en Chine, les forêts de montagne tempérées contenant de denses forêts de bambous sont l'habitat du panda géant), et un écosystème est l'ensemble constitué d'une communauté d'organismes vivants et de son environnement abiotique (par exemple, une forêt avec ses sols, un lac ou le lit d'une rivière, ou un écosystème corallien avec les eaux environnantes).

Les grands groupes d'espèces

Presque toutes les espèces sont directement ou indirectement dépendantes de la production primaire s'effectuant par photosynthèse ou chimiosynthèse. Les plantes sont des organismes multicellulaires appartenant au règne végétal et incluent notamment, toutes les plantes à fleurs (angiospermes), les conifères et autres gymnospermes, les fougères et les mousses. Grâce à l'énergie de la lumière (photosynthèse), la plupart des plantes produisent de l'oxygène et des

composés organiques, tels que les glucides, à partir de molécules inorganiques comme le dioxyde de carbone et l'eau. Les plantes sont les producteurs primaires de la plupart des écosystèmes terrestres et forment la base de la chaîne alimentaire de ces écosystèmes. Les algues et le phytoplancton remplissent la même fonction dans les écosystèmes marins et aquatiques. Certains micro-organismes, tels que les bactéries, peuvent aussi utiliser l'énergie libérée par des réactions chimiques (chimiosynthèse) pour produire de la matière organique.

Les animaux sont des organismes multicellulaires appartenant au règne animal et comprennent notamment les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les amphibiens, les poissons, les insectes, les coraux et les éponges. Les animaux sont des consommateurs dans les réseaux trophiques terrestres, marins et d'eau douce et ils consomment le carbone organique des producteurs primaires ou d'autres animaux dont ils se nourrissent. Contrairement aux plantes, la plupart des animaux sont capables de se déplacer spontanément et activement pour poursuivre un objectif précis, au moins à un certain stade de leur vie.

Les Fungi forment leur propre règne, car ils ne sont ni des plantes ni des animaux, et peuvent être à la fois unicellulaires (par exemple, les levures) et multicellulaires (par exemple, les moisissures et les champignons). Ils jouent un rôle essentiel dans la décomposition de la matière organique et, avec tous les autres organismes, ils jouent un rôle important dans le cycle nutritif, le recyclage des nutriments et le fonctionnement des écosystèmes.

Tableau 3.2 Espèces eucaryotes décrites et nombre total d'espèces possibles

Royaume	Estimation du nombre d'espèces décrites	Estimation du nombre total d'espèces
Animalia (animaux)	1 424 153	6 836 330
Plantae (plantes)	310 129	390 800
Fungi	98 998	1 500 000
Autres eucaryotes (ex : algues)	53 915	> 1 200 500
Total	1 887 195	9 927 630

Source : adapté de Chapman (2009)

Mesurer la biodiversité

La biodiversité peut être mesurée de différentes façons (Gaston, 2000 ; Purvis et Hector, 2000 ; Groombridge et Jenkins, 2002 ; Hoekstra et al., 2010). Pour ce qui est de sa « composition », l'une des questions les plus fréquemment posées est : combien d'espèces existe-t-il sur Terre ? Les estimations mondiales sur les espèces varient considérablement et, dans le passé, elles ont varié de trois millions à plus de 100 millions d'espèces. Une estimation récente indique qu'il y aurait 9,9 millions d'espèces eucaryotes (qui sont des « formes de vie évoluées » possédant un noyau cellulaire entouré d'une membrane) dont 19 % ont été décrites (Chapman, 2009 ; tableau 3.2). Une autre étude récente estime qu'il y a 8,7 millions ($\pm 1,3$ million) d'espèces eucaryotes dans le monde, dont environ 14 % ont été décrites (Mora et al., 2011). Il est difficile d'estimer le nombre d'espèces procaryotes qui ne disposent pas de noyau cellulaire entouré d'une membrane (par exemple, les bactéries), et les estimations récentes varient entre 10 000 et plus d'un million (Chapman, 2009 ; Mora et al., 2011).

Bon nombre des espèces identifiées à ce jour sont considérées comme menacées. Elles sont confrontées à un risque plus élevé d'extinction due aux impacts de phénomènes d'origine humaine ou naturelle. La Liste rouge des espèces menacées de l'UICN constitue une norme mondiale pour évaluer l'état de la conservation des espèces, des menaces qui les touchent et des mesures de conservation en place ou nécessaires pour les protéger, et pour les répertorier (Rodrigues et al., 2006 ; Mace et al., 2008 ; Salafsky et al., 2008). Au début du XXI^e siècle, 41 % des amphibiens, 25 % des mammifères et 13 % des oiseaux dans le monde étaient considérés comme étant « en danger critique », « en danger » ou « vulnérables » (IUCN, 2013b). Les groupes de plantes comprennent aussi une forte proportion de ces espèces menacées telles que les cycadophytes (63 %), les conifères (34 %) et les cactus (31 %) (IUCN, 2013b). On estime que les taux

d'extinction actuels sont de 100 à 1000 fois plus élevés qu'avant l'apparition des premiers hommes (Pimm et al., 1995), laissant supposer que le sixième événement majeur d'extinction dans l'histoire de la Terre pourrait être en train de se produire (Leakey et Lewin, 1992 ; encadré 3.1).

Les grands groupes d'écosystèmes

Un écosystème est défini comme une communauté biotique (un ensemble de populations d'espèces en interaction) et de son environnement abiotique (par exemple, le climat, l'eau, le sol et la lumière du soleil). Ces écosystèmes peuvent se situer à différentes échelles, les écosystèmes de plus grande échelle étant les paysages terrestres ou marins (Sinclair et al., 2006). La classification la plus fondamentale des écosystèmes distingue les écosystèmes terrestres, marins et d'eau douce. Dans chacune de ces grandes catégories, un certain nombre de grands types d'écosystèmes peuvent être distingués, chacun caractérisé par des conditions climatiques semblables et des communautés écologiques assez similaires (par exemple, les forêts tropicales et tempérées, les montagnes, les lacs, les rivières et les écosystèmes de récifs coralliens). Ces grands types d'écosystèmes (ou biomes) sont décrits dans la section suivante. Comme les espèces, les écosystèmes peuvent également être menacés, et une liste rouge de l'UICN des écosystèmes menacés est en cours d'élaboration (Rodríguez et al., 2011).

L'ensemble des écosystèmes constitue la biosphère de la planète (du sommet de l'atmosphère au fond des océans, y compris les roches et les sols de la Terre qui sont habités par des organismes vivants). La biosphère est un système complexe interconnecté et déterminant les règles de la survie des espèces de toutes sortes, y compris les humains (White, 2003). La biosphère a évolué au fil de milliards d'années en interagissant avec l'environnement non

Figure 3.2 Diversité mondiale des espèces de mammifères, oiseaux et amphibiens

Source : modifié à partir de SavingSpecies et Gloabaia (2012), et de données fournies par l'UICN, Birdlife International et NatureServe

vivant (atmosphère, hydrosphère et lithosphère) et a ainsi déterminé la répartition naturelle de la biodiversité sur la Terre.

Distribution de la biodiversité

La biodiversité n'est pas distribuée uniformément sur la planète. Le nombre et le type d'espèces et d'écosystèmes changent en fonction de facteurs tels que le climat, l'altitude, la latitude, ainsi que l'espace, le temps et l'énergie disponibles (Gaston, 2000). La richesse globale des espèces, par exemple, augmente lorsqu'on se déplace des pôles vers les régions tempérées, puis vers les tropiques (figure 3.2). Cela s'applique également à la plupart des groupes taxonomiques (par exemple, il y a plus d'espèces d'oiseaux dans les régions tropicales que dans les régions tempérées) et au sein de la plupart des écosystèmes similaires (par exemple, il y a plus d'espèces dans les forêts tropicales que dans les forêts tempérées) (Gaston, 2000).

La biogéographie est l'étude de la répartition des espèces et des écosystèmes dans l'espace et dans le temps. Les systèmes de classification biogéographique cherchent à délimiter des zones écologiques distinctes en fonction de leurs caractéristiques biotiques et abiotiques, y compris les grandes zones climatiques de la planète. Ils aident à comprendre le patrimoine naturel de la terre, et sont largement considérés comme des outils essentiels pour la science, les politiques publiques, la planification et la gestion de la conservation de la biodiversité.

Ces systèmes de classification mondiaux sont utilisés par les conventions relatives à la biodiversité telles que la CDB, la Convention de Ramsar et la Convention du patrimoine mondial, afin de guider l'identification, la classification et la conservation des sites importants pour la biodiversité, et d'établir et gérer des réseaux d'aires protégées écologiquement représentatifs. La CDB a également plusieurs programmes thématiques qui traitent de « biomes » spécifiques, tels que les écosystèmes marins et côtiers, les eaux continentales, les montagnes, les îles, les forêts et les terres arides. Outre ces systèmes de classification mondiaux, il existe aussi de nombreux systèmes de classification nationaux et régionaux, intégrés dans les politiques et les pratiques de conservation.

Différentes approches de classification biogéographique des écosystèmes terrestres, marins et d'eau douce ont été élaborées et affinées au fil du temps, chacune servant des fins différentes, et ayant ses propres limites (Ladle et Whittaker, 2011 ; Whittaker et al., 2013). Pour délimiter les régions biogéographiques, certaines approches récentes se basent sur notre connaissance croissante, quoiqu'encore imparfaite, de la répartition des espèces et des relations phylogénétiques qui existent entre elles (Kreft et Jetz, 2010 ; Holt et al., 2013). D'autres approches divisent le monde en grands biomes et écorégions basés sur la répartition des communautés écologiques.

Plusieurs de ces approches ont été conçues spécifiquement pour le domaine de la conservation de la biodiversité, dans lequel elles ont trouvé de nombreuses applications. C'est le

Tableau 3.3 Systèmes de classification biogéographique pour les zones terrestres, marines et d'eau douce

Système	Description	Unités	Références
Ecorégions terrestres du monde (ETDM)	Fournit une classification des écosystèmes terrestres de la planète, basée sur la compilation des informations existantes et des connaissances d'expert. Ces espaces peuvent coïncider avec les écorégions d'eau douce.	Système imbriqué de 8 domaines, 14 biomes et 827 écorégions terrestres	Olson et al. (2001)
Ecorégions d'eau douce du monde (EEDDM)	Fournit une classification des écosystèmes d'eau douce, basée sur la distribution et la composition des espèces majeures de poissons d'eau douce et sur les grandes tendances évolutives et écologiques. Ces espaces peuvent coïncider avec les écorégions terrestres.	426 écoregions d'eau douce	Abell et al. (2008)
Ecorégions marines du monde (EMDM)	Fournit une classification des eaux côtières et du plateau continental (< 200 m de profondeur), basée sur une compilation des informations existantes et des connaissances d'experts sur les biotopes pélagiques et benthiques. Cette classification concorde avec les provinces pélagiques.	Système imbriqué de 12 domaines, 62 provinces et 232 écorégions marines	Spalding et al. (2007)
Régions pélagiques	Fournit une classification des eaux ne se trouvant pas sur le plateau continental (< 200 m de profondeur), basée sur la compilation des informations existantes et des connaissances d'experts sur les biotopes pélagiques. Cette classification concorde avec les écorégions marines de la planète.	Système imbriqué de 4 domaines, 7 biomes et 37 provinces pélagiques.	Spalding et al. (2012)
Régions benthiques d'eau profonde	Propose des provinces biogéographiques pour les milieux bathyaux et abyssaux (> 800 m de profondeur), basé sur des variables océanographiques représentatives et sur des données de localisation de certaines espèces marines benthiques.	Le système proposé comprend 14 provinces bathyales (800–3500 m) et 14 provinces abyssales (3500–6500 m)	Watling et al. (2013)

cas, par exemple, des provinces biogéographiques définies par Udvardy (1975) sous l'égide de l'UICN, ainsi que le système mondial des écorégions terrestres, marines et d'eau douce développé plus récemment (tableau 3.3 ; Olson et al., 2001 ; Spalding et al., 2007 ; Abell et al., 2008). Ces systèmes ont été utilisés, par exemple, dans le cadre des analyses de lacunes écologiques du réseau mondial d'aires protégées afin de mesurer la progression de ce réseau vers les objectifs de la CDB relatifs aux aires protégées (Brooks et al., 2004 ; Chape et al., 2005 ; Spalding et al., 2008 ; Jenkins et Joppé, 2009 ; CBD, 2010a ; Bertzky et al., 2012). Des systèmes supplémentaires ont récemment été mis au point pour couvrir les hautes mers (tableau 3.3 ; Spalding et al., 2012 ; Watling et al., 2013). Ils peuvent être utilisés pour la science, la politique, la planification et la gestion de la conservation (Hoekstra et al., 2010).

Biomes terrestres

Le système des « écorégions terrestres du monde » d'Olson et al. (2001) est utilisé ici pour décrire plus en détail la répartition naturelle des écosystèmes terrestres de la planète. Il comprend huit grands domaines biogéographiques (zones dans lesquelles les organismes ont évolué dans un isolement relatif sur de longues périodes) et 14 biomes de végétation (figure 3.3). Alors que les domaines biogéographiques se caractérisent par l'histoire évolutive connexe des organismes qu'ils contiennent, les biomes représentent, eux, de grands types d'écosystèmes, caractérisés par des conditions climatiques et des communautés écologiques relativement similaires. Les principaux biomes tels que les forêts, les prairies et les déserts sont facilement reconnaissables, y compris de l'espace, et influencent la répartition des espèces sur Terre.

Figure 3.3 Les huit domaines biogéographiques et 14 biomes du monde

Source : modifié à partir d'Olson et al. (2001)

Les principales caractéristiques de chacun des 14 biomes d'Olson et al. (2000) sont résumées ci-dessous. Les montagnes sont brièvement décrites comme un biome distinct reconnu par Udvardy (1975). Tout au long de cette section, nous utiliserons des études de cas du patrimoine mondial, afin de présenter une gamme des biomes les plus répandus dans le monde.

Forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales

Ce biome se retrouve partout dans le monde, principalement le long de la ceinture équatoriale et entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, sur de vastes zones discontinues de forêts sempervirentes ou semi-sempervirentes. Les formations forestières les plus grandes se trouvent dans le bassin amazonien, dans le bassin du Congo (étude de cas 3.3) et dans l'archipel indo-malais. La faible variabilité de la température annuelle combinée à des niveaux élevés de précipitations (>2000 mm par an) est caractéristique de ce biome. Les forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales est le biome terrestre le plus riche : on estime qu'il abrite jusqu'à la moitié des espèces connues dans le monde (figure 3.2). La richesse en espèces est plus élevée au niveau des canopées forestières, tandis que le manque de lumière rend la vie moins variée au niveau du sol. Pourtant, un kilomètre carré de ces forêts peut accueillir jusqu'à 1 000 espèces différentes d'arbres. Avec un total

Aires protégées des trois fleuves parallèles au Yunnan, Chine

Source : photothèque de l'UICN © Jim Thorsell

de 50 écorégions, les forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales comprennent plus d'écorégions que tous les autres biomes, ce qui montre leur diversité et leur complexité.

Étude de cas 3.3 Trinational de la Sangha, Cameroun, République centrafricaine et République du Congo : bien du patrimoine mondial depuis 2012

Domaine biogéographique : afrotropical ; biome : forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales

Regroupant trois parcs nationaux dans le bassin du Congo (le parc national de Lobéké au Cameroun, le parc national de Dzanga-Ndoki en République centrafricaine et le parc national de Nouabalé-Ndoki en République du Congo), ce site transfrontalier du patrimoine mondial couvre environ 7 500 km² de terres. Ce complexe abrite divers écosystèmes comprenant des forêts tropicales persistantes, des forêts marécageuses et des forêts périodiquement inondées et de nombreux types de clairières forestières, tous connectées au sein d'un même paysage.

Ce patrimoine est remarquable en raison de sa capacité à

maintenir des processus écologiques et évolutifs à grande échelle au sein d'un paysage forestier quasiment intact. La vaste zone tampon qui entoure le site au niveau des trois pays aide à conserver ce statut. Le site contient des populations viables de nombreuses espèces forestières, comme les arbres mukulungu (*Autranella congolensis*), en danger critique d'extinction, les gorilles (*Gorilla gorilla*), en danger critique d'extinction, les chimpanzés (*Pan troglodytes*), en danger, les sitatungas (*Tragelaphus spekii*), espèce d'antilope en danger, les bongos (*Tragelaphus eurycerus*), et éléphants de forêt (*Loxodonta cyclotis*). Les nombreux types de clairières abritent également des espèces de plantes uniques.

Source : adapté de UNESCO (2014)

Forêts sèches tropicales et subtropicales

Tout comme dans les forêts tropicales, la température varie peu dans ce biome, et les précipitations sont suffisamment importantes pour permettre à la forêt de croître. Il y a cependant une saison sèche qui dure plusieurs mois, permettant aux espèces d'arbres à feuilles caduques, plutôt qu'aux arbres à feuilles persistantes, de dominer la forêt. Lorsque les arbres perdent leurs feuilles pour économiser l'eau pendant la saison sèche, la lumière du soleil atteint le sol de la forêt et permet le développement d'une dense végétation de sous-étage. Les forêts sèches tropicales et subtropicales constituent un habitat important pour la faune, y compris les singes, les grands félins, les perroquets et les oiseaux vivant au sol. Dans l'ensemble, la biodiversité est cependant moins importante que dans les forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales. On retrouve ce biome dans le sud du Mexique, dans les vallées du nord des Andes, sur les côtes de l'Équateur et du Pérou, en Bolivie orientale, dans la partie centrale du Brésil, dans les Caraïbes, en Afrique du Sud-Est, à Madagascar, au centre de l'Inde, en Indochine, dans les Petites îles de la Sonde et en Nouvelle-Calédonie.

Forêts de conifères tropicales et subtropicales

Caractérisées par différentes espèces de conifères, ces forêts se trouvent dans les régions tropicales et subtropicales de climat semi-humide. Ce sont des zones à pluviométrie limitée où la variabilité de la température annuelle est modérée. Le couvert de ces forêts de conifères tropicales et subtropicales est dense, ne permettant qu'à peu de lumière d'atteindre le sol de la forêt. Les champignons et les fougères dominent le sous-étage, ainsi que quelques arbustes et petits arbres. Les forêts de conifères tropicales et subtropicales sont importantes pour la biodiversité, car elles sont souvent utilisées comme refuges hivernaux pour les oiseaux ou les papillons migrants. L'endémisme

Bison des bois (*Bison bison athabasca*), parc national de Wood Buffalo, Canada

Source : © Jim Thorsell

local peut être élevé, en particulier dans les zones les plus humides de la forêt ou les zones dans lesquelles la constitution du sol est inhabituelle. Les forêts les plus diverses de cette catégorie se trouvent au Mexique. Ce biome se retrouve principalement en Amérique du Nord et en Amérique centrale, mais on le trouve également dans certaines parties d'Asie.

Forêts de feuillus et forêts mixtes tempérées

Ce sont des forêts de climats tempérés, où la variation des précipitations et de la température sur l'année est beaucoup plus importante que dans les régions tropicales et subtropicales. Dans les forêts où la pluviométrie est équitablement répartie, on peut trouver à la fois des feuillus et des espèces à feuilles persistantes. Le chêne (*Quercus* spp.), le hêtre (*Fagus* spp.), le bouleau (*Betula* spp.) et l'érable (*Acer* spp.) se trouvent généralement dans les forêts tempérées du Nord et le hêtre du sud (*Nothofagus* spp.) dans l'hémisphère sud. Contrairement aux forêts tropicales humides, la biodiversité dans ces

Étude de cas 3.4 Les aires protégées des trois fleuves parallèles au Yunnan en Chine : bien du patrimoine mondial depuis 2003

Domaine biogéographique : paléarctique ; biome : forêts de conifères tempérées

Couvrant une superficie de 17 000 kilomètres carrés dans la province du Yunnan, en Chine méridionale, les aires protégées des trois fleuves parallèles au Yunnan rassemblent 15 aires protégées regroupées en huit groupes géographiques. Comme son nom l'indique, cet ensemble de sites (séparée en plusieurs parties) comprend des secteurs du cours supérieur de trois des grands fleuves d'Asie, le Yangtze, le Mékong et le Salouen, qui coulent pratiquement en parallèle, du nord au sud, et traversent le parc national des trois fleuves parallèles. Ce paysage, avec ses fleuves passant à travers des gorges vertigineuses pouvant atteindre 3 000 mètres de profondeur et encadrées par des pics glacés dépassant les 6 000 mètres, est magnifique. Ces montagnes présentent divers types de roches et formations rocheuses différentes, y compris le karst alpin, le monolithe granitique et le grès Danxia, reflétant la riche

histoire géologique de ce site. De denses forêts, des lacs et des prairies s'étendent entre les fleuves.

La diversité topographique et climatique du bien, associée à son emplacement à la jonction de trois grands domaines biogéographiques (Asie de l'Est, Asie du Sud-Est et plateau tibétain) explique l'importance de sa biodiversité. C'est dans cette région du Nord-Ouest du Yunnan que l'on trouve la plus riche biodiversité de Chine et ce bien pourrait être celui renfermant la plus grande diversité biologique des régions tempérées. Environ 6 000 espèces de plantes ont été identifiées à ce jour, cet ensemble abriterait jusqu'à 25 % des animaux de Chine, et de nombreuses espèces que l'on y trouve sont endémiques, reliques ou en danger. Parmi les exemples bien connus, on trouve le panda roux (*Ailurus fulgens*), la gélinotte de Severtov (*Bonasa sewerzowi*) et le dhole (*Cuon alpinus*).

Source : adapté de UNESCO (2014)

forêts est beaucoup plus élevée au niveau du sol que de la canopée. Les zones importantes de forêts de feuillus et forêts mixtes tempérées sont l'Est de l'Amérique du Nord, le Sud-Ouest de l'Amérique du Sud, l'Europe, la Russie, le Caucase, l'Himalaya, l'Asie orientale, l'Australie et la Nouvelle-Zélande.

Forêts de conifères tempérées

Ce type de forêts sempervirentes est façonné par des étés chauds et des hivers frais. On le trouve généralement sur les zones côtières, caractérisées par des hivers doux et des pluies abondantes, à l'intérieur des terres quand les climats sont plus secs, ainsi que dans les zones montagneuses. Ces forêts sont généralement composées de pins (*Pinus* spp.), cèdres (*Cedrus* spp.), sapins (*Abies* spp.), genévriers (*Juniperus* spp.), épicéas (*Picea* spp.), Podocarpus (*Podocarpus* spp.) et séquoias (*Sequoia*, *Sequoiadendron* et *Metasequoia* spp.). Les conifères ne sont pas toujours dominants dans ce biome ; parfois la forêt est composée d'espèces à feuilles persistantes ou d'un mélange de celles-ci et de conifères. Les forêts de conifères tempérées stockent une quantité de biomasse plus importante que tous les autres écosystèmes terrestres ; les arbres peuvent y atteindre une hauteur moyenne de 50 à 85 mètres (*Sequoiadendron giganteum*). On trouve notamment de telles forêts dans l'Ouest et le Sud-Est de l'Amérique du Nord et dans plusieurs chaînes de montagnes de la zone paléarctique (étude de cas 3.4).

Forêts boréales et taïga

Ce biome se situe dans les zones où les températures annuelles sont faibles et où les précipitations, tombant sous forme de neige, varient entre 400 et 1 000 millimètres par an. Les sols y sont régulièrement

Aires protégées du Cerrado : parcs nationaux de Chapada dos Veadeiros et d'Emas, Brésil

Source : © Bruno Poppe

touchés par le permafrost, entraînant un drainage insuffisant, et par conséquent de faibles niveaux nutritifs. De nombreuses espèces d'arbres ne poussent pas sur de tels sols, à quelques exceptions près, notamment des espèces de conifères et de feuillus comme les sapins (*Abies* spp.), épicéas (*Picea* spp.), mélèzes (*Larix* spp.), pins (*Pinus* spp.), bouleaux (*Betula* spp.) et peupliers (*Populus* spp.). Au niveau du sol, les mousses et lichens dominent généralement. Bien que moins riche en termes de nombre d'espèces et d'endémisme, ce biome est important pour les migrations à grande échelle du Caribou (*Rangifer tarandus*). En outre, certains espaces abritent encore des groupes intacts de prédateurs évoluant sur de vastes territoires. La survie de ces espèces est liée à la persistance de grandes étendues de forêt boréale et de taïga, ou du

Étude de cas 3.5 Parc national de Wood Buffalo, Canada : bien du patrimoine mondial depuis 1983

Domaine biogéographique : néarctique ; biome : forêts boréales et taïga

Situés dans la région centre-nord du Canada, les 44 807 km² du parc national de Wood Buffalo comprennent de vastes étendues de forêt boréale, ainsi que la plus grande partie de l'écosystème des grandes plaines de prairies boréales d'Amérique du Nord. On peut aussi y admirer le plus grand delta intérieur du monde, formé par les rivières Paix, Athabasca et la rivière des Esclaves, et ses écosystèmes associés tels que les plaines inondables et ses vasières.

La plus grande population nord-américaine de bisons des bois (*Bison bison athabasca*), une espèce menacée,

évolue dans les plaines du parc national de Wood Buffalo, qui est aussi l'un des rares endroits au monde où les relations entre prédateurs et proies, ici le loup (*Canis lupus*) et le bison respectivement, sont maintenues. C'est également un endroit unique au monde, car il constitue un habitat important pour la reproduction de la grue blanche (*Grus americana*). Le delta intérieur du fleuve est un point de rassemblement bien connu pour les oiseaux d'eau migrateurs. Au total, 46 espèces de mammifères et 227 espèces d'oiseaux y ont été répertoriées, y compris le renard polaire (*Vulpes lagopus*), l'élan (*Alces alces*), l'ours noir (*Ursus americanus*), le harfang des neiges (*Bubo scandiacus*) et la mésange à tête brune (*Parus hudsonicus*).
Source : adapté de UNESCO (2014)

moins de la connectivité entre zones d'habitat naturel à grande échelle leur permettant de se déplacer pour faire face aux perturbations naturelles. Ce vaste biome se limite à la partie nord du Paléarctique et du Néarctique, et ses forêts les plus vastes se situent en Russie centrale et orientale, ainsi qu'au Canada (étude de cas 3.5).

Prairies, savanes et brousses tropicales et subtropicales

Ce biome est caractérisé par une faible variation annuelle de température, par des précipitations variant entre 900 et 1 500 millimètres, et par des saisons humides et sèches très marquées. Les sécheresses et les incendies naturels y sont fréquents pendant la saison sèche, et contribuent à la création d'un paysage dominé par des graminées et des arbres épars. Les prairies, les savanes (prairies boisées) et les brousses forment généralement un biome de transition entre les forêts et les déserts. Les graminées y sont dominantes, et les arbres et arbustes qui les composent sont souvent résistants à la sécheresse, au feu ou aux herbivores. Ces espaces se caractérisent aussi par les grands herbivores qui y évoluent, parfois en très grand nombre. C'est dans ce biome que l'on trouve le nombre le plus élevé et la plus grande densité d'ongulés, ce qui en retour, contribue à maintenir des populations de grands prédateurs.

Les plus vastes et riches de ces écosystèmes se situent en Afrique, où les compositions les plus intactes en termes de variété d'espèces se retrouvent dans les savanes d'acacia d'Afrique de l'Est (*Acacia* spp.) et dans les savanes zambéziennes. Les Llanos en Colombie et au Vénézuéla sont l'un des meilleurs exemples de l'expression de ce biome en Amérique du Sud en raison de sa diversité floristique et d'habitats. Les plus grandes étendues se trouvent cependant au Brésil (étude de cas 3.6). Ce biome est également largement présent dans le Nord de l'Australie et dans le Sud de la Papouasie-Nouvelle-

Les lagons de Nouvelle-Calédonie : diversité récifale et écosystèmes associés, France

Source : photothèque de l'UICN © Dan Laffoley

Guinée. Les savanes australiennes, elles, sont dominées par les termites, qui jouent le rôle d'herbivores, et hébergent diverses communautés de marsupiaux.

Prairies, savanes et brousses tempérées

Le niveau des précipitations dans ce biome tempéré est généralement trop faible pour que les arbres poussent en abondance, et la variation de température annuelle est beaucoup plus élevée que dans les régions tropicales et subtropicales, en raison des étés chauds et des hivers froids. En outre, de forts vents soufflent souvent sur ces zones, exacerbant l'évapotranspiration et par conséquent, les phénomènes de sécheresse. La composition des espèces des prairies tempérées, des savanes et des zones arbustives est donc très différente de celle de leurs homologues tropicaux et subtropicaux. Les arbres sont presque totalement absents, à l'exception des forêts ou galeries riveraines qui se trouvent le long des ruisseaux et des rivières. Certains grands mammifères herbivores en sont caractéristiques, tout autant que leurs prédateurs associés, ainsi que de nombreuses espèces d'oiseaux et

Étude de cas 3.6 Aires protégées du Cerrado – Parcs nationaux Chapada dos Veadeiros et Emas, Brésil : bien du patrimoine mondial depuis 2001

Domaine biogéographique : néotropical ; biome : prairies, savanes et brousses tropicales et subtropicales

Les aires protégées du Cerrado couvrent environ 3 670 km² et présentent des exemples exceptionnels d'écosystèmes, parmi les plus vieux et les plus divers de la planète. Le bien englobe deux parcs nationaux, Chapada dos Veadeiros et Emas. Le premier se trouve dans les hautes plaines du centre du Brésil et comprend de vastes plateaux, des cascades et des sources ainsi que de profonds canyons et vallées. Quant au parc national d'Emas, il se trouve sur le plateau de Serra dos Caiapos, une plaine légèrement vallonnée à la limite entre La Plata et les rivières de l'Amazonie.

Le Cerrado a servi de refuge à des espèces clés lors

des périodes de changements climatiques et la diversité du site en matière d'altitudes et ses vastes espaces aux habitats intacts font qu'il restera indispensable à diverses espèces pour faire face aux changements actuels. Plus de 60 % des espèces de plantes du Cerrado et près de 80 % des vertébrés sont représentés au sein de ce bien du patrimoine mondial, y compris la plupart des mammifères menacés, comme le tatou géant (*Priodontes maximus*) et le cerf des marais (*Blastocerus dichotomus*). Le parc national d'Emas héberge également de nombreuses espèces d'oiseaux, parfois endémiques, adaptées à la vie dans ces prairies, comme l'engoulevent à ailes blanches (*Eleothreptus candicans*) et le sporophile des marais (*Sporophila palustris*).

Source : adapté de UNESCO (2014)

Étude de cas 3.7 Saryarka – Steppe et lacs du Kazakhstan septentrional, Kazakhstan : bien du patrimoine mondial depuis 2008

Domaine biogéographique : paléarctique ; biome : prairies, savanes et brousses tempérées

Saryarka comprend deux aires protégées : la réserve naturelle d'État de Naurzum et la réserve naturelle d'État de Korgalzhyn, situées à quelque 350 km l'une de l'autre, dans les hautes terres kazakhes. À elles deux, elles couvrent une superficie d'environ 4 500 km², dont 44 % sont des steppes d'Asie centrale, le reste étant constitué principalement de lacs d'eaux douces et d'eaux salées associés à des écosystèmes de zones humides.

La steppe de Saryarka offre un refuge à plus de la moitié de la flore de steppe de la région. Chaque année, lorsque l'herbe commence à pousser, de grands troupeaux d'antilopes saïga, espèce en danger critique d'extinction (*Saiga tatarica*), migrent à travers la steppe, du Sud vers

le Nord. Cette espèce se trouve uniquement dans les steppes d'Asie centrale et Saryarka joue un rôle important pour leur survie. Les zones humides et les lacs situés le long des voies de migration d'oiseaux d'Asie centrale ont une importance mondiale pour les oiseaux. Des espèces venues d'Afrique, d'Asie et d'Europe visitent les lacs du Saryarka au cours de leur voyage vers leurs sites de reproduction en Sibérie orientale et occidentale. Ensemble, les lacs du site accueillent jusqu'à 850 000 nidifications d'oiseaux d'eau. De nombreuses espèces mondialement menacées se trouvent parmi les migrateurs, y compris la grue de Sibérie (*Grus leucogeranus*), en danger critique d'extinction, ainsi que le pélican frisé (*Pelecanus crispus*), vulnérable, et l'aigle de Pallas (*Haliaeetus leucoryphus*).

Source : adapté de UNESCO (2014)

d'insectes. Les régimes de feux naturels sont importants pour le maintien de ce biome, et de vastes étendues sont nécessaires pour permettre aux espèces d'échapper à ces perturbations ou de se déplacer dans un environnement où les ressources sont limitées ou fluctuent en fonction de la saison. Ce biome est répandu et connu sous des noms différents d'un continent à l'autre : prairies en Amérique du Nord, pampas en Amérique du Sud et steppes en Asie (étude de cas 3.7).

Prairies et savanes inondées

Habituellement situées dans des zones au climat chaud, tempéré à tropical, ces prairies et savanes sont inondées de façon saisonnière ou tout au long de l'année, dessinant des mosaïques de zones humides dans le paysage. Elles

sont souvent désignées sous le nom de marécages. Le sol y est très humide, voire saturé en eau, et généralement riche en éléments nutritifs. On y trouve une grande variété de plantes et d'animaux adaptés uniquement à ces habitats, qui abritent de nombreuses espèces d'oiseaux, y compris de nombreux migrateurs. On trouve ce biome sur quatre continents : en Amérique du Nord, en Amérique du Sud, en Afrique et en Asie. Les Everglades en Amérique du Sud sont l'une de ses expressions les plus connues. D'autres exemples bien connus sont le Pantanal en Amérique du Sud, ainsi que les savanes inondées de la zone sahélienne et zambézienne, comprenant le delta de l'Okavango, en Afrique.

Prairies et terres arbustives de montagne

Localisé dans les zones de haute altitude des régions tropicales, subtropicales et tempérées des cinq continents, ce biome est caractérisé par des conditions fraîches, souvent humides et un fort ensoleillement. Ses écosystèmes ont souvent évolué comme des îles virtuelles, séparées des écosystèmes montagneux similaires par des zones de basse altitude au climat plus chaud. En conséquence, leur flore et leur faune ne sont pas seulement bien adaptées aux conditions climatiques particulières (par exemple, grâce à des surfaces externes cireuses ou des feuilles veloutées), mais elles incluent également des espèces endémiques locales ou régionales. Les plantes géantes à rosettes de différentes familles, telles que la Lobelia en Afrique et la Puya en Amérique du Sud, sont typiques des prairies et des terres arbustives tropicales de montagne et peuvent se développer à des altitudes allant jusqu'à 4 600 mètres. On trouve des prairies et des zones arbustives de montagne tropicales et subtropicales dans le Nord des Andes, où cet écosystème est appelé Páramo, dans les montagnes et les hauts plateaux de l'Afrique orientale et australe, sur le mont Kinabalu à Bornéo, et dans les zones de montagne en Papouasie-Nouvelle-Guinée. On trouve des prairies et zones arbustives de montagne tempérées plus sèches, par exemple, sur le plateau tibétain et dans la chaîne de montagnes de l'Altaï.

Toundra

Ce biome est caractérisé par de longs hivers secs s'accompagnant de mois entiers d'obscurité et de températures très basses, ce qui est typique des régions polaires situées au nord de la taïga. Les niveaux de précipitations y sont très faibles et la pluie tombe principalement pendant les mois d'été, alors que le vent souffle toute l'année. Les sols, s'ils ne sont pas gelés en permanence, sont saturés en eau et sont acides. Pendant les mois d'été, lorsque le permafrost fond, la toundra est recouverte de marécages, de lacs, de tourbières et de ruisseaux.

En général, le paysage est aride et recouvert de roches et diverses formations végétales basses, comme les bruyères, les carex et arbustes nains, les mousses et les lichens. On ne trouve des arbres épars qu'à certains endroits. La biodiversité dans ces zones est généralement faible, cependant, des millions d'oiseaux migrateurs visitent la toundra chaque année pour se reproduire dans les marais. En outre, la toundra est un habitat important pour la migration du Caribou (*Rangifer tarandus*). Elle se rencontre principalement en Alaska, au Canada, en Russie (étude de cas 3.8), au Groenland, en Islande et en Scandinavie, ainsi qu'en Antarctique et dans plusieurs îles subantarctiques.

Saryarka - Steppe et lacs du Kazakhstan septentrional

Source : photothèque de l'UIGN © Jim Thorsell

Forêts, zones boisées et maquis méditerranéens

Ce biome se caractérise par des étés longs, chauds et secs et des hivers doux et pluvieux, donnant lieu à des types de végétation divers, allant des forêts et zones boisées, aux savanes, maquis et prairies. Très souvent, plusieurs types de végétation se retrouvent dans une mosaïque hétérogène, en fonction des caractéristiques du sol, de la topographie, et de l'exposition au soleil, au vent, à la pluie, et au régime des feux. La faune et la flore sont bien adaptées à la rareté de l'eau et de nombreuses espèces sont résistantes aux feux. Pour certaines, leur persistance dépend des régimes de feux naturels. La biodiversité est généralement très riche, et on observe souvent un endémisme local et régional. Les Fynbos de la région floristique du Cap, en Afrique du Sud, sont un exemple typique de ce biome. Là, 68 % des 8 600 espèces de plantes vasculaires connues, situées dans une zone de seulement 90 000 kilomètres carrés, sont endémiques. Ce biome est relativement rare à l'échelle mondiale. Il se limite à seulement cinq régions où les conditions climatiques très particulières de la Méditerranée se retrouvent : la Méditerranée, le centre-Sud et le Sud-Ouest de l'Australie, les Fynbos d'Afrique australe, le Matorral chilien et les écosystèmes méditerranéens de la Californie.

Déserts et brousses xériques

Les déserts et les brousses xériques sont situés dans les régions tropicales, subtropicales et tempérées qui reçoivent au maximum 250 millimètres de pluie par an. L'évaporation dépasse généralement les précipitations, parfois de loin. L'extrême variation de température entre le jour et la nuit est caractéristique, et les températures diurnes élevées chutent drastiquement pendant la nuit en raison du manque d'isolation, normalement assurée par l'humidité et la couverture nuageuse. Les sols sont souvent sableux ou rocheux et la matière organique généralement rare. Lorsqu'il y a de la végétation, elle se compose d'arbustes ligneux et de plantes dont

Étude de cas 3.8 Système naturel de la réserve de l'île Wrangel, Fédération de Russie : bien du patrimoine mondial depuis 2004

Domaine biogéographique : paléarctique ; biome : tundra

Située au-dessus du cercle arctique, la réserve de l'île Wrangel comprend l'île Wrangel, l'île Gerald et une zone maritime. L'ensemble couvre environ 9 160 km² de terre et d'eau.

La réserve de l'île Wrangel a évolué de façon autonome et ininterrompue depuis la glaciation du Quaternaire. Son histoire naturelle fascinante est visible à de nombreux endroits. La découverte de défenses et de crânes de mammouths très récents (certains vieux seulement de 3 700 ans) semble indiquer que l'île Wrangel est le dernier endroit au monde où ont vécu les mammouths. La gamme de types de terrain et de formations géologiques, et la succession rapide et les mosaïques de types de tundra, créent une variété d'habitats pour la faune et la flore.

Cela se traduit par un taux remarquable de biodiversité et d'endémisme. Par exemple, on y dénombre deux fois plus d'espèces de plantes vasculaires que dans les autres toundras de taille similaire des écosystèmes arctiques, et on y trouve 23 espèces endémiques. Environ 100 espèces d'oiseaux migrateurs, dont beaucoup sont menacés, nichent sur les îles. L'île Wrangel abrite la plus vaste population au monde de morses du Pacifique (*Odobenus de divergens rosmarus*), est le seul site de reproduction de la population asiatique d'oies des neiges (*Chen caerulescens*) et est le lieu où l'on trouve la plus forte densité d'anciennes tanières d'ours polaires. Les eaux autour des îles sont pauvres en sel, mais riches en oxygène et constituent un important lieu de nourrissage pour les baleines grises en migration (*Eschrichtius robustus*).

Source : adapté de UNESCO (2014)

Étude de cas 3.9 L'Erg du Namib, Namibie : bien du patrimoine mondial depuis 2013

Domaine biogéographique : afrotropical ; biome : déserts et brousses xériques

L'Erg du Namib est un désert hyperaride couvrant 30 000 km² de terres s'étendant le long de la côte namibienne au sein du parc de Namib-Naukluft. Ce site comprend des plaines de gravier, des collines rocheuses, une cuvette côtière et des cours d'eau éphémères, mais il est surtout composé de différents types de dunes de sable pour lesquelles la seule source d'eau est le brouillard. C'est le seul désert côtier au monde dans ce cas. Alors que la plupart des autres dunes sont le produit de l'érosion du substrat rocheux in situ, l'Erg du Namib est composé de sable provenant de l'intérieur des terres. Il est transporté vers la côte sur des milliers de kilomètres par les cours d'eau, les courants océaniques et le vent.

Les processus de transport éoliens du sable ont façonné la géomorphologie et l'écologie du site, créant ainsi un paysage de « mer de dunes de sable ».

La faune et la flore sont remarquablement bien adaptées aux conditions climatiques, comme en témoigne le comportement, la morphologie et la physiologie des espèces, dont un grand nombre est endémique. Plus de 50 % des espèces de plantes et d'insectes de la mer de sable sont endémiques, et ce chiffre dépasse 80 % pour les arachnides (araignées, scorpions et tiques). Certaines adaptations sont fascinantes, comme celles qui permettent aux espèces de filtrer l'humidité de l'air afin de minimiser leur dépendance à d'autres sources d'eau.

Source : adapté de UNESCO (2014)

L'organisme minimise les pertes en eau. Les animaux sont bien adaptés à ces conditions climatiques difficiles et beaucoup d'entre eux sont nocturnes afin d'éviter la perte d'eau. La diversité des plantes et des animaux peut être très élevée, en particulier chez les reptiles, et l'endémisme local est parfois important. Les déserts et les brousses xériques représentent le plus grand de tous les biomes, couvrant environ 19 % de la superficie terrestre de la planète. Du point de vue floristique, l'écosystème le plus diversifié de ce biome est le Namib-Karoo en Afrique du Sud-Ouest (étude de cas 3.9), suivi de près par le désert de Chihuahua et les déserts du centre du Mexique dans les néotropiques.

Mangroves

La mangrove est un type de végétation dominé par des essences tolérantes au sel et poussant entre la zone intertidale et le niveau de la marée haute des côtes tropicales et subtropicales. La communauté d'espèces de la « mangrove » est constituée d'environ 60 espèces d'arbres appartenant à 12 genres différents. Les sols sont gorgés en eau salée, pauvres en oxygène, et les mangroves sont souvent exposées à des mouvements de marée et des fluctuations climatiques saisonnières. Un certain nombre d'adaptations leur permet de faire face à ces conditions particulières : un système racinaire massif les aide à s'ancrer dans la terre molle, leurs racines aériennes absorbent l'oxygène de l'air et leurs feuilles peuvent excréter l'excès de sel. Avec les autres plantes aquatiques et

Figure 3.4 Les aires montagneuses protégées et non protégées dans le monde

Sources : UNEP-WCMC (2002) ; IUCN et UNEP-WCMC (2014)

Tableau 3.4 Exemples des principaux types d'écosystème dans les milieux marins et d'eau douce

Marin	Eaux douces
Océan	Lacs
Mer profonde	Mares
Plancher océanique	Rivières
Barrières de corail	Cours d'eau
Herbiers marins	Sources
Marais salants	Zones humides
Forêts de mangrove	

salines qui leur sont associées, les mangroves constituent un habitat important. Elles jouent également un rôle important en tant que zones de reproduction pour de nombreuses espèces animales marines, comme les huîtres et diverses espèces de crustacés. La biodiversité des mangroves est particulièrement élevée en Asie du Sud, et les mangroves des Sundarbans, entre le Bangladesh et l'Inde, constituent la plus grande étendue au monde de ce type de végétation.

Montagnes

Les montagnes sont parfois considérées comme un biome distinct (Udvardy, 1975) en raison de leurs caractéristiques particulières, bien qu'elles englobent un large éventail d'écosystèmes, y compris des déserts, des prairies, des forêts et des toundras alpines. Les montagnes sont une caractéristique majeure de la planète, présentes sur tous les continents (Hamilton et McMillan, 2004) et

dans 197 des 237 pays du monde (Rodríguez-Rodríguez et al., 2011). Elles ne sont pas définies précisément, mais de nombreux spécialistes de la montagne utilisent la définition élaborée par le PNUE-WCMC (UNEP-WCMC, 2002), qui tient compte des paramètres d'altitude, de pente et de niveau d'élévation locale, ce qui place dans cette catégorie certaines montagnes de faible altitude (figure 3.4). Selon cette définition, les montagnes couvrent 27 % de la surface de la Terre (UNEP-WCMC, 2002). Nous explorerons les valeurs spécifiques des montagnes plus loin, dans l'encadré 3.2.

Biomes marins et d'eau douce

Contrairement au système d'écorégions terrestres, les systèmes équivalents relatifs aux écorégions marines et d'eau douce (Spalding et al., 2007 ; Abell et al., 2008) ne sont pas déclinés en grands groupes d'écosystèmes tels que le montrent les exemples présentés dans le tableau 3.4. Le

Encadré 3.2 Les valeurs spécifiques aux montagnes et aux aires protégées montagneuses

Les montagnes sont essentielles à la biodiversité, aux services écosystémiques et au bien-être humain. Une grande partie de la biodiversité originelle de la planète se trouve en montagne. La richesse en espèces et en écosystèmes de milieux montagneux est due en grande partie à l'extrême hétérogénéité de leurs environnements (climats et sols), résultant de changements altitudinaux rapides, de leurs orientations variables (expositions) et de leurs nombreux micro-habitats à la topographie accidentée. En outre, une grande partie des espèces endémiques de la planète se trouve dans les montagnes, car les massifs montagneux constituent des îlots de nature isolés et sont souvent les derniers bastions de nature sauvage.

Par ailleurs, les montagnes hébergent 12 % de la population humaine et 26 % des hommes vivent dans les montagnes ou à proximité de celles-ci (Price, 2004). Plus de la moitié de l'humanité dépend de l'eau douce qui émerge de montagnes (Linniger et al., 1998), et les aires protégées montagneuses jouent un rôle crucial dans l'approvisionnement en eau douce de nombreuses villes et collectivités. Beaucoup de montagnes sont aussi particulières de par leur profonde valeur spirituelle et culturelle (par exemple, le mont Fuji au Japon). Pour certains peuples traditionnels, les montagnes sont source d'émerveillement, de crainte ou de peur, ou sont des sites sacrés où sont organisées des cérémonies religieuses. D'autre part, les chaînes de montagnes forment souvent des frontières nationales, et les conflits aux frontières, parfois directs, étaient fréquents par le passé.

Les écosystèmes de montagne sont souvent fragiles et font face à de multiples menaces affectant leurs valeurs naturelles et culturelles (Hamilton, 2002). La moitié des points chauds de biodiversité du monde se trouvent dans les montagnes (Kohler et Maselli, 2009) et, parmi les 587 sites identifiés par l'Alliance pour l'extinction zéro

(AZE) comme abritant des espèces menacées d'extinction imminente, 81 % sont montagneux (Rodríguez Rodríguez et al., 2011).

Les aires protégées montagneuses fournissent également des refuges pour la biodiversité. Près de 17 % de la superficie mondiale de montagnes en dehors de l'Antarctique est couverte par des aires protégées (qui ne sont pas toujours bien gérées), mais de nombreuses zones de montagne, prioritaires pour la conservation de la biodiversité, ne sont pas protégées. C'est le cas de 45 % des montagnes identifiées par l'AZE (Rodríguez Rodríguez et al., 2011). Pour conserver efficacement la biodiversité, les aires protégées de montagne doivent être étendues jusqu'au pied des montagnes et entourées de zones tampons constituées des terres environnantes gérées de façon durable. Les aires protégées de montagne isolées doivent être connectées aux plaines adjacentes pour faciliter la migration des espèces des zones de faible altitude vers de plus hautes altitudes en réponse aux changements climatiques ou aux changements d'utilisation des terres. Elles doivent également être connectées, si possible, à d'autres aires protégées de montagne. Heureusement, de nombreuses chaînes de montagnes créent une connectivité naturelle et des corridors de conservation (voir le chapitre 27).

En raison de leurs valeurs naturelles et/ou culturelles exceptionnelles, de nombreuses zones de montagnes ont été inscrites sur la liste du patrimoine mondial : on en trouve dans 159 des 222 sites naturels et mixtes (naturels et culturels) du patrimoine mondial (UNEP-WCMC, 2002 ; IUCN et UNEP-WCMC, 2014) (figure 3.1). Cela inclut de nombreux sites bien connus tels que les montagnes Rocheuses canadiennes, les volcans d'Hawaï, l'Huascarán, le Kilimandjaro, le Kinabalu et le Sagarmatha (Everest), le site des Alpes suisses Jungfrau-Aletsch, le mont Tongariro et les volcans du Kamtchatka.

système des zones pélagiques de la planète (Spalding et al., 2012) distingue les sept principaux biomes suivants pour caractériser les eaux de surface non continentales de la planète :

- les eaux polaires ;
- les tourbillons ;
- les courants de bord est ;
- les courants de bord ouest ;
- les eaux équatoriales ;
- les eaux de transition ; et
- les mers semi-fermées.

Les études de cas 3.10, 3.11 et 3.12 illustrent la diversité des écosystèmes marins et côtiers.

L'impact humain sur la répartition de la biodiversité

L'empreinte humaine sur l'environnement mondial a provoqué des changements considérables de la distribution naturelle de la biodiversité (Chapin et al., 2000 ; Ellis et Ramankutty, 2008 ; Ellis et al., 2010 ; Barnosky et al., 2012). L'impact humain sur la biosphère peut être évalué de plusieurs façons. Des estimations récentes du taux d'appropriation de la production primaire nette par l'homme suggèrent, par exemple, que 24 % de la productivité primaire nette potentielle des écosystèmes terrestres du monde est consommée par les hommes (Haberl et al., 2007).

Figure 3.5 L'empreinte des hommes sur la Terre

Source : modifié à partir de Sanderson et al. (2002)

Le niveau de l'influence humaine sur la biosphère terrestre peut aussi être mesuré et cartographié grâce à l'indice de l'empreinte humaine (figure 3.5 ; Sanderson et al., 2002). Cet indice combine des informations sur la densité de la population humaine, sur la conversion des terres (par exemple, pour l'agriculture ou pour des zones constructibles), sur l'accessibilité pour l'homme (par exemple, le long des routes, des principales rivières et des côtes) et sur les infrastructures électriques (évaluées avec l'utilisation de la lumière pendant la nuit). Cet indice mesure l'influence humaine relative dans chaque biome terrestre. La valeur zéro correspond à la partie du biome la moins influencée, et la valeur 100 à la partie la plus perturbée par les activités humaines. Ainsi, un score de 10 dans les forêts tropicales humides du domaine afrotropical indiquera que cette forêt fait partie des 10 % de zones les moins influencées de ce biome. Il en sera de même pour un score de 10 dans la toundra du domaine paléarctique, bien que les quantités absolues d'influence humaine dans ces deux endroits puissent être très différentes (Sanderson et al., 2002).

Des aires protégées garantes du patrimoine naturel de la Terre

Lorsqu'elles sont gérées efficacement, les aires protégées jouent un rôle essentiel pour la conservation du patrimoine naturel de la planète. Grâce aux services écosystémiques qui leur sont associés, les aires protégées garantissent également les moyens de subsistance de plus d'un milliard de personnes dans le monde (UN Millenium Project, 2005), et contribuent, à échelle de milliards de dollars, aux économies locales, nationales et mondiales (Kettunen et al., 2011).

Cependant, pour être efficaces, les aires protégées doivent être bien situées, bien gouvernées, correctement gérées, et adéquatement planifiées et financées (Lockwood et al., 2006). Cela est reconnu depuis longtemps dans un certain nombre d'accords multilatéraux sur l'environnement tels que la CDB, la Convention de Ramsar et la Convention du patrimoine mondial. En 2010, les 193 parties à la CDB ont adopté le plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020, comprenant 20 grands objectifs collectivement appelés les Objectifs d'Aichi pour la biodiversité (CBD, 2010b). L'objectif 11, notamment, concerne les aires protégées et annonce un programme ambitieux pour les années à venir :

Étude de cas 3.10 Les îles et aires protégées du Golfe de Californie, Mexique : bien du patrimoine mondial depuis 2005

Situées dans la mer de Cortez, dans le Nord-Est du Mexique, les îles et aires protégées du golfe de Californie se composent de 244 îles, îlots et zones côtières couvrant près de 6 900 km². Les contrastes des hautes falaises et des plages de sable de ces îles arides montagneuses ou volcaniques baignées d'eaux turquoise confèrent à ce bien une beauté naturelle exceptionnelle.

Presque tous les grands processus océanographiques, tels que les courants de remontée, les courants créés par les vents et le mélange dû aux marées peuvent être observés dans ces eaux et contribuent à l'extraordinaire productivité marine et à la biodiversité qui caractérisent le golfe de Californie. On trouve, dans ce milieu, près de

900 espèces de poissons, dont 90 sont endémiques, ainsi que 39 % des espèces de mammifères marins de la planète. La biodiversité terrestre est également élevée : les îles océaniques ont été peuplées par voie aérienne et marine, mais aussi terrestre grâce à des « îles ponts » formées au cours des dernières glaciations lorsque le niveau des océans était au plus bas. La flore rappelle celle du désert de Sonora et se compose de près de 700 espèces de plantes vasculaires. Parmi les espèces typiques on trouve l'arbre éléphant (*Bursera microphylla*), le *palo fierro* (*Olneya tesota*), les ambrosia (*Ambrosia* spp.) et des cactus tels que *Pachycereus pringlei*, *Mammillaria capensis* et les espèces d'*Opuntia*.

Source : adapté de UNESCO (2014)

Cas d'étude 3.11 La mer des Wadden, Allemagne et Pays-Bas : bien du patrimoine mondial depuis 2009

Le bien du patrimoine mondial de la mer des Wadden comprend l'aire de conservation de la mer des Wadden néerlandaise et les parcs nationaux allemands de la mer des Wadden de Basse-Saxe et Schleswig-Holstein, et couvre au total 9 820 km² de côtes. Le site est l'un des derniers écosystèmes intertidaux tempérés où les processus naturels, tels que la création d'îles-barrières, de chenaux, d'étendues de terre et de rigoles se poursuivent de manière naturelle à si grande échelle. C'est également le plus grand système ininterrompu d'étendues sableuses intertidales et de vasières au monde.

La diversité des habitats de la mer des Wadden est remarquable. On y trouve des chenaux à marée, bancs de sable, prairies d'herbe marines, moulières, barres de sable,

vasières, marais salants, estuaires, plages et dunes. La mer des Wadden se démarque des zones humides côtières qui n'ont généralement pas une faune très diverse. Les marais salés hébergent environ 2 300 espèces végétales et animales, et 2 700 autres espèces résident dans les zones marines et saumâtres. L'abondance de nourriture attire de nombreux oiseaux d'eau. La mer de Wadden est parmi les endroits les plus importants de la planète pour les oiseaux migrateurs, car elle joue un rôle crucial pour les espèces empruntant la voie de migration de l'Atlantique ainsi que pour les oiseaux d'eau migrateurs d'Afrique-Eurasie. Plus de 6 millions d'oiseaux peuvent être présents en même temps, et on estime que 10 à 12 millions d'entre eux la traversent chaque année.

Source : adapté de UNESCO (2014)

Étude de cas 3.12 Les lagons de Nouvelle-Calédonie : diversité récifale et écosystèmes associés, France : bien du patrimoine mondial depuis 2008

Les lagons de Nouvelle-Calédonie sont vastes : ils couvrent plus de 15 700 km² de paysages principalement marins dans l'archipel français de Nouvelle-Calédonie, dans le Pacifique. On y retrouve tous les principaux types de récifs et écosystèmes associés, comme les lagons tropicaux, les îlots coralliens, les récifs frangeants, les récifs barrière consécutifs, les atolls, ainsi que les herbiers et les mangroves. Ce complexe récifal est d'autant plus particulier qu'il est « autostable », et encercle l'île de Nouvelle-Calédonie offrant ainsi des courants chauds et froids.

Ces barrières de coraux et atolls constituent l'un des

trois systèmes récifaux les plus vastes du monde, et abritent une diversité de coraux et de poissons au moins aussi élevée, sinon plus, que celle de la Grande Barrière australienne. On trouve dans le récif de ce superbe monde sous-marin des fissures, arches et grottes ainsi qu'une diversité impressionnante de structures coralliennes. Ses écosystèmes intacts hébergent une population vaste et saine de poissons menacés, y compris des grands prédateurs, mais aussi des tortues marines et la troisième plus grande population mondiale de dugongs (*Dugong dugon*), une espèce vulnérable.

Source : adapté de UNESCO (2014)

Figure 3.6 Les aires protégées dans le monde

Source : IUCN et UNEP-WCMC (2014)

Tableau 3.5 Couverture des domaines terrestres par les aires protégées

Domaines terrestres	Surface totale (km ²)	Surface couverte par les aires protégées	Pourcentage de la surface couverte par des AP
Afrotropicale	21 630 400	3 558 059	16,4
Australasien	9 268 092	1 375 024	14,8
Indomalais	8 543 097	829 286	9,7
Néarctique	20 472 280	2 534 229	12,4
Néotropical	19 386 026	4 633 935	23,9
Océanien	49 199	4 552	9,3
Paléarctique	52 859 883	6 918 957	13,1

La couverture a été calculée sur la base de toutes les aires représentées sur la figure 3.6, en éliminant les recouvrements géographiques entre différentes aires protégées.

Sources : Olsen et al. (2001) ; IUCN et UNEP-WCMC (2014)

« D'ici à 2020, au moins 17 % des zones terrestres et d'eaux intérieures et 10 % des zones marines et côtières, y compris les zones qui sont particulièrement importantes pour la diversité biologique et les services fournis par les écosystèmes, sont conservées au moyen de réseaux écologiquement représentatifs et bien reliés d'aires protégées gérées efficacement et équitablement et d'autres mesures de conservation efficaces par zone, et intégrées dans l'ensemble du paysage terrestre et marin. » (CBD, 2010b:9).

Répartition des aires protégées à l'échelle mondiale

Au milieu de l'année 2014, les aires protégées, incluant l'ensemble des aires protégées nationales et internationales, de toutes catégories de gestion de l'IUCN et de tous types de gouvernance (y compris « inconnu »), à l'exception des réserves de biosphère de l'UNESCO enregistrées dans la base de données mondiale sur les aires protégées (WDPA), couvraient 15,4 % de la superficie mondiale des terres (en dehors de l'Antarctique) et 3,4 % de la superficie mondiale des océans (figure 3.6 ; IUCN et UNEP-WCMC, 2014).

Tableau 3.6 Couverture des biomes terrestres par les aires protégées

Biomes terrestres	Surface totale (km ²)	Aires protégées (km ²)	Aires protégées (%)
Forêts de feuillus humides tropicales et subtropicales	19 896 257	4 712 331	23,7
Forêts de feuillus sèches tropicales et subtropicales	3 025 997	290 896	9,6
Forêts de conifères tropicales et subtropicales	712 617	83 513	11,7
Forêts de feuillus et forêts mixtes tempérées	12 835 688	1 540 766	12,0
Forêts de conifères tempérées	4 087 094	687 694	16,8
Forêts boréales et taïga	15 077 946	1 570 569	10,4
Prairies, savanes et brousses tropicales et subtropicales	20 295 446	2 973 704	14,7
Prairies, savanes et brousses tempérées	10 104 108	456 517	4,5
Prairies et savanes inondées	1 096 130	339 170	30,9
Prairies et terres arbustives de montagne	5 203 411	1 393 007	26,8
Toundra (excluant 4 écorégions antarctiques)	8 313 849	1 812 734	21,8
Forêts, zones boisées et maquis méditerranéens	3 227 268	512 190	15,9
Déserts et brousses xériques	27 984 645	3 382 967	12,1
Mangroves	348 519	97 983	28,1

La couverture a été calculée sur la base de toutes les aires protégées représentées sur la figure 3.6, en éliminant les recouvrements géographiques entre différentes aires protégées.

Sources : Olsen et al. (2001) ; IUCN et UNEP-WCMC (2014)

Figure 3.7 Part de la surface de chaque écorégion terrestre couverte par les aires protégées

Sources : Olsen et al. (2001) ; IUCN et UNEP-WCMC (2014)

Figure 3.8 Part de la surface de chaque écorégion marine (de plus de 200 m de profondeur) couverte par les aires protégées

Sources : Spalding et al. (2007) ; IUCN et UNEP-WCMC (2014)

Cela comprend 8,4 % des aires marines sous juridiction nationale, définies ici comme celles de la zone s'étendant de la côte à la limite extérieure de la zone économique exclusive (ZEE) située à 200 milles nautiques (370 km), ou 10,9 % si on ne prend en compte que les aires marines proches du littoral (situées entre 0 et 12 milles marins ou 0 et 22 km de la côte).

Le réseau mondial des aires protégées ne satisfait pas encore à l'exigence de représentativité écologique mentionnée dans l'objectif 11 d'Aichi, et plusieurs domaines biogéographiques, en particulier les régions océanienne et indomalaise, sont sous-représentés dans ce réseau (tableau 3.5 ; IUCN et UNEP-WCMC, 2014). Un certain nombre de biomes devraient être mieux couverts par le réseau d'aires protégées, en particulier ceux des prairies tempérées, des savanes et brousses, des forêts de feuillus sèches tropicales et subtropicales (tableau 3.6). À l'heure actuelle, 350 des 823 écorégions terrestres du monde (43 %), en dehors de la partie continentale de l'Antarctique, ont atteint la cible des 17 % (figure 3.7 ; IUCN et UNEP-WCMC, 2014). Enfin, 78 des 232 écorégions marines (34 %) ont atteint la cible des 10 % (figure 3.8 ; Spalding et al., 2013).

De nombreuses études ont également montré que les réseaux d'aires protégées existants, que ce soit à l'échelle nationale ou mondiale, n'offrent pas encore une couverture adéquate pour les espèces menacées (Rodrigues et al., 2004 ; Watson et al., 2011) et les sites

clés qui les abritent (Butchart et al., 2012). Il convient cependant de noter qu'un grand nombre d'espèces n'existent que dans les aires protégées et parfois même dans une seule aire protégée.

La répartition des aires protégées est l'un des nombreux indicateurs pouvant être utilisés pour évaluer les forces et les faiblesses des réseaux d'aires protégées. Les chapitres suivants de ce livre explorent en détail les moyens de mesurer l'efficacité de la gestion des aires protégées, ainsi que les principes de bonne gouvernance, de gestion compétente, de planification et de financement adéquats associés aux différents types d'aires protégées. Les ressources pour la conservation étant toujours limitées, les efforts de conservation doivent demeurer une priorité. C'est de ceci que nous discuterons ci-dessous.

Les priorités de conservation de la biodiversité à l'échelle mondiale

Il est impératif de prioriser les actions de conservation, car les ressources disponibles sont limitées. En outre, la biodiversité et les menaces auxquelles elle fait face ne sont pas uniformément réparties (Brooks et al., 2006, 2010). De fait, la priorisation permet de décider où, quand et comment agir. Les aires protégées efficaces demeurent l'un des outils clés de la conservation.

Tableau 3.7 Quelques méthodes de priorisation de la conservation de la biodiversité

Modèle	Définition	Échelle	Nombre d'aires ou de sites	Surface totale (million km ²)	Pourcentage de la surface couverte (%)	Références
Points chauds de biodiversité	Agrégations d'écorégions biogéographiquement similaires abritant ≥ 0.5 % des plantes endémiques du monde et ayant déjà perdu ≥ 70 % de leur habitat primaire	Groupe d'écorégions	35	23,6	15,9 %	Myers et al. (2000) ; Mittermeier et al. (2004) ; Williams et al., (2011)
Zones de nature sauvage à forte biodiversité	Agrégations d'écorégions biogéographiquement similaires abritant ≥ 0.5 % des plantes endémiques du monde, conservant ≥ 70 % de leur habitat où la densité de population est ≤ 5 pers au km ²	Groupe d'écorégions	5	11,8	7,9 %	Mittermeier et al., (2002, 2003)
Ecorégions prioritaires Global 200	Agrégations d'écorégions au sein de biomes caractérisés par leur haute diversité en espèces, leur taux d'endémisme, la présence de taxons uniques, des phénomènes peu communs ou la rareté globale d'écosystèmes majeurs	Groupe d'écorégions	142 terrestres (plus 53 d'eaux douces et 43 marins)	55,1	37 %	Olson et al. (2000) ; Olson et Dinerstein (2002)
Zones d'endémisme de l'avifaune	Zones incluant ≥ 2 espèces d'oiseaux ayant des sites de reproduction répartis sur $< 50\,000$ km ² à l'échelle mondiale	Région ou site	218	14,2	9,5 %	Stattersfield et al. (1998)
Sites de l'Alliance pour l'extinction zéro	Site abritant des espèces en danger (EN) ou en danger critique d'extinction (CR) (ou bien contenant > 95 % de la population globale des espèces EN ou CR sur au moins un cycle de vie)	Site	588	0,6	0,4 %	Ricketts et al. (2005) ; AZE (2012)
Zones importantes pour la conservation des oiseaux	Sites contenant un nombre significatif d'espèces d'oiseaux menacées ; sites faisant partie d'un groupe de sites contenant une espèce d'oiseau à aire de répartition restreinte ; et/ ou site accueillant un nombre exceptionnel d'espèces d'oiseaux migrateurs ou qui se regroupent en colonies.	Site	10 993	8,8	5,9 %	Evans (1994) ; BirdLife International et al. (2012)

Sources : Brooks et al., 2006, 2010 ; Schmitt, 2011 ; Bertzky et al., 2013

Plusieurs modèles majeurs ont été élaborés en vue de déterminer les domaines prioritaires pour la conservation de la biodiversité à l'échelle mondiale, afin de guider l'allocation des ressources et la priorisation des actions (Brooks et al., 2006, 2010). Cependant, toutes ces approches ont leurs forces et leurs faiblesses, notamment pour ce qui est de leur couverture taxonomique ou géographique, des critères et des seuils utilisés pour

chacune d'elles, ainsi que des valeurs pratiques à utiliser dans le cadre de la conception de réseaux d'aires protégées efficaces et efficaces.

Tous les modèles utilisent l'un ou plusieurs des concepts suivants pour prioriser des sites, des (éco)régions ou des groupes d'écorégions pour la conservation (Margules et Pressey, 2000 ; Brooks et al., 2006, 2010 ; Schmitt, 2011) :

Îles et aires protégées du golfe de Californie, Mexique

Source : photothèque de l'UICN © David Sheppard

- l'irremplaçabilité ;
- la vulnérabilité ; et
- la représentativité.

Le critère d'irremplaçabilité est lié aux options spatiales disponibles pour la conservation, c'est-à-dire l'importance d'une zone pour la conservation d'éléments spécifiques de la biodiversité comme des espèces ou des écosystèmes. L'irremplaçabilité a souvent été mesurée en fonction du nombre d'espèces endémiques présentes dans une zone, mais il existe d'autres types de mesures possibles (Brooks et al., 2006). La vulnérabilité, quant à elle, renseigne sur les options de conservation temporelles, ou sur l'urgence qu'il existe à prendre certaines mesures de conservation. Elle peut être évaluée, par exemple, sur la base de la présence d'espèces menacées, de la perte d'habitat dans le passé ou le présent, de la pression foncière et démographique (Brooks et al., 2006). Enfin, la représentativité se réfère à la nécessité d'avoir une image juste de la variété complète des caractéristiques de la biodiversité, qu'elles soient totales ou échantillonnées, y compris leurs différentes formes et processus, au sein d'un réseau d'aires protégées ou d'aires prioritaires (Margules et Pressey, 2000).

La plupart des grands modèles priorisent les critères de haute irremplaçabilité, mais quelques autres mettent l'accent sur la forte vulnérabilité, ou même la faible

vulnérabilité (Brooks et al., 2006). La représentativité est le principal caractère pris en compte, par exemple, lors de l'identification des écorégions prioritaires Global 200 (Olson et al., 2000 ; Olson et Dinerstein, 2002 ; Schmitt, 2011).

Le tableau 3.7 fournit un aperçu de six modèles de priorisation de la conservation de la biodiversité. À l'exception des écorégions prioritaires Global 200, qui comprennent 43 écorégions marines prioritaires, la plupart des modèles connus ne couvrent que des milieux terrestres et d'eau douce. Toutefois, au cours des dernières années, un nombre croissant d'études a également identifié des domaines prioritaires pour le milieu marin au niveau mondial (Tittensor et al., 2010 ; Selig et al., 2014), et quelques modèles existants sont également en train d'être élargis pour inclure davantage de sites marins (BirdLife International, 2010).

La publication de Brooks et al. (2006, 2010) fournit un résumé des méthodes utilisées à grande échelle, tandis que les approches par sites, communément connues sous le nom de zones clés pour la biodiversité (Key Biodiversity Areas – KBA), sont décrites dans la publication de Langhammer et al. (2007). Au cours des prochains paragraphes, nous évoquerons les points chauds de biodiversité et les zones de nature sauvage à forte biodiversité, qui constituent deux approches à grande échelle. Puis, nous prendrons l'exemple des sites de l'Alliance pour l'extinction zéro (AZE) pour illustrer les approches à l'échelle de sites. Nous terminerons cette section en évoquant l'élargissement des standards des KBA afin de prendre en compte les sites AZE.

Points chauds de biodiversité et zones de nature sauvage à forte biodiversité

Les points chauds de biodiversité et les zones de nature sauvage à forte biodiversité (high-biodiversity wilderness areas – HBWA) abritent des concentrations exceptionnelles d'espèces endémiques (tableau 3.7). Chacun de ces domaines prioritaires abrite au moins 1 500 espèces endémiques de plantes vasculaires à grande échelle (ce qui représente plus que 0,5 % des quelque 300 000 espèces de plantes vasculaires du monde (Myers et al., 2000 ; Mittermeier et al., 2002, 2004). Alors que les points chauds et les HBWA sont comparables de par leur caractère irremplaçable, ces sites diffèrent sur leur critère de vulnérabilité : alors que les points chauds sont des sites ayant déjà perdu au moins 70 % de leur végétation primaire, les HBWA ont conservé plus de 70 % de leur végétation primaire et sont peu peuplées (moins de cinq personnes par km²).

Figure 3.9 Répartition mondiale des points chauds de biodiversité et zones de nature sauvage à forte biodiversité

Sources : modifié à partir de Mittermeier et al. (2002, 2004) ; Williams et al. (2011)

À ce jour, 35 points chauds de biodiversité et 5 HBWA ont été identifiés à l'échelle mondiale (figure 3.9). Ensemble, les points chauds de biodiversité et les HBWA couvrent 23,8 % de la superficie mondiale des terres et on estime qu'ils renferment plus de 50 % des espèces de plantes vasculaires et des espèces de vertébrés terrestres (mammifères, oiseaux, reptiles et amphibiens) de la planète, ainsi que d'innombrables autres espèces, y compris des invertébrés et des champignons (Stork et Habel, 2013). Bien que ces zones soient évidemment d'une importance critique pour le maintien de la diversité de la vie sur Terre, il convient de noter qu'elles ne couvrent pas tous les domaines prioritaires connus, même pour les vertébrés (Jenkins et al., 2013), et d'autres groupes taxonomiques.

Sites de l'Alliance pour l'extinction zéro

Les sites AZE, en revanche, sont un exemple de zones prioritaires à l'échelle de sites. Ces derniers sont caractérisés par une vulnérabilité et une irremplaçabilité très fortes, car ils représentent des « centres d'extinction imminente où des espèces hautement menacées sont confinées à des sites uniques » (Ricketts et al., 2005:18497). Les 588 sites de l'AZE identifiés à ce jour (figure 3.10 ; tableau 3.7) ne couvrent que 0,4 % de la superficie terrestre mondiale, mais ils sont essentiels

à la survie de 919 espèces de vertébrés et de conifères en danger ou en danger critique d'extinction (Butchart et al., 2012). Il est possible qu'il existe davantage de sites pour d'autres taxons, mais ils n'ont pas encore été formellement identifiés comme sites de l'AZE.

La protection des sites de l'AZE demeure insuffisante bien que la situation soit meilleure dans les sites AZE situés dans des aires protégées. Butchart et al. (2012) ont montré que l'augmentation du risque d'extinction au cours des deux dernières décennies était inférieure d'un tiers pour les mammifères, oiseaux et amphibiens se trouvant dans des sites AZE totalement intégrés à des aires protégées que pour ceux que l'on trouve en dehors des aires protégées ou qui sont partiellement situés dans des aires protégées. Ces mêmes auteurs ont également mis en avant que, en 2008, seuls 22 % des 588 sites AZE identifiés étaient inclus dans des aires protégées et que 51 % étaient entièrement situés en dehors d'aires protégées (figure 3.10). Les points verts sur la figure 3.10 indiquent les sites entièrement intégrés dans des aires protégées, les points jaunes les sites partiellement couverts, et les points rouges, les sites non protégés.

Figure 3.10 Protection des sites de l'Alliance pour l'extinction zéro

Sources : modifié à partir de Mittermeier et al., (2002, 2004) ; Williams et al. (2011)

Les zones clés pour la biodiversité

Les sites de l'AZE sont en réalité des zones clés pour la biodiversité (ZCB) particulièrement importantes ; ils contribuent de manière significative à la persistance de la biodiversité mondiale selon des critères normalisés à l'échelle mondiale (Langhammer et al., 2007). D'autres sous-ensembles bien connus des ZCB comprennent notamment les zones importantes pour la conservation des oiseaux (ZICO) (tableau 3.7) et les zones importantes pour les plantes (ZIP). Ces deux sous-ensembles sont des aires définies comme prioritaires pour des groupes taxonomiques spécifiques. L'approche ZCB peut également être appliquée dans les milieux marins et d'eau douce (BirdLife International, 2010 ; Holland et al., 2012) et, à travers la CDB, le concept des zones marines d'importance écologique ou biologique (ZIEB) a été développé au cours des dernières années.

Les inventaires des ZCB « ont permis de guider la sélection des sites à protéger en vertu des législations nationales et internationales, sont pris en compte dans les standards de performance en matière de durabilité internationale, et sont de plus inclus dans les accords environnementaux multilatéraux » (IUCN 2012:2). Ce dernier point est illustré par l'utilisation des sites AZE et ZICO pour atteindre et mesurer les progrès vers les objectifs d'Aichi dans le cadre de la CDB (par exemple,

lorsque la priorité est donnée à ces sites lors de la création et la gestion d'aires protégées, afin de limiter la perte des espèces et des habitats).

L'IUCN mène actuellement un processus de consultation à l'échelle mondiale, afin de consolider les critères et les seuils existants des ZCB et de créer un nouveau standard. Ce nouveau standard devrait être lancé en 2015, et devrait être largement utilisé dans le cadre des processus de planification et de prise de décisions relatives à la conservation :

L'objectif final de ce processus est de fournir une méthodologie objective, scientifiquement rigoureuse, et facile à appliquer, pour identifier des ZCB au sein des biomes terrestres, marins et d'eaux douces. Ces nouveaux standards de l'IUCN guideront les décideurs vers les zones qui ont besoin d'une attention particulière et aideront toute une gamme d'utilisateurs à définir leurs priorités en matière de conservation, à atteindre leurs engagements internationaux, et à se conformer à leurs politiques environnementales (IUCN, 2012:2).

La planification systématique de la conservation

La connaissance des ZCB et autres zones prioritaires peut aussi guider le processus essentiel de planification systématique de la conservation. Ce processus vise à aider à concevoir des aires protégées efficaces et efficientes, ainsi que des réseaux d'aires protégées qui répondent aux objectifs mondiaux de représentativité et de persistance de la biodiversité, et ceci, avec le meilleur rapport coût-efficacité possible (Margules et Pressey, 2000). Pour atteindre cet objectif, la planification systématique de la conservation utilise les meilleures données disponibles sur les formes et les processus caractéristiques de la biodiversité, sur son irremplaçabilité et sa vulnérabilité, sur les aires protégées existantes, sur les coûts liés à la création et à la gestion de nouvelles aires protégées, ainsi que sur les coûts d'opportunité de différentes utilisations des terres. Selon Margules et Pressey (2000:243), la force de la planification systématique de la conservation vient de son « efficacité dans l'utilisation de ressources limitées pour atteindre des objectifs de conservation, de sa solidité et de sa flexibilité face à des utilisations concurrentes des terres, et de l'obligation à rendre des comptes, car toute décision peut être soumise à un examen critique. » Le chapitre 13 fournit de plus amples informations sur la planification systématique de la conservation.

Introduction à la gestion des écosystèmes

Dans ce chapitre, nous avons brièvement présenté le patrimoine naturel biotique et abiotique de la Terre. Les gestionnaires des aires protégées sont les premiers concernés par la gestion de la protection et de la conservation des grands écosystèmes qui contribuent à maintenir la vie sur la planète. Une fois les zones importantes pour la biodiversité identifiées et formellement protégées, il faut ensuite s'assurer qu'elles soient efficacement gérées.

Cette gestion peut inclure des réponses à des menaces telles que la destruction de l'habitat et sa fragmentation, la surexploitation des ressources naturelles, la dissémination d'espèces exotiques invasives, les maladies, les perturbations affectant la faune, la pollution et le changement climatique (Sinclair et al., 2006) (voir le chapitre 16).

En revanche, les problèmes des aires protégées sont généralement plus complexes que ces menaces prises une à une. Cette complexité doit être prise en compte par les gestionnaires, car elle caractérise la gestion d'un monde

dynamique (voir chapitre 10). Les causes profondes des menaces pesant sur la biodiversité doivent être évaluées et combattues de façon stratégique plutôt que de manière réactive afin de traiter leur cause plutôt que leurs symptômes (voir chapitre 16). L'un de ces délicats défis est celui du changement climatique. C'est une menace majeure pour toutes les espèces (voir le chapitre 17). Face à ces défis, les aires protégées peuvent se reporter à des orientations stratégiques divisées selon six principes directeurs :

1. Maintenir des écosystèmes qui fonctionnent : « Le maintien ou l'amélioration de la résilience des écosystèmes sont cruciaux pour assurer leur bon fonctionnement ; mais à quel moment, sous l'effet du changement climatique, cela devient-il contre-productif au point où l'accompagnement de nouveaux écosystèmes devient plus important ? » (Steffen et al., 2009:150). Alors que les effets des changements climatiques devraient s'amplifier au cours de ce siècle, il est essentiel de suivre le fonctionnement de ces nouveaux écosystèmes et leur capacité à fournir les services dont la société dépend (voir les chapitres 11 et 21).
2. Protéger une palette représentative de systèmes écologiques : « Tous les types d'environnements devraient être représentés dans les systèmes de réserves régionaux, et une diversité d'architectures de paysages en termes d'agencements de portions et de connectivité entre habitats devraient être représentés dans les paysages régionaux à l'intérieur et à l'extérieur des réserves » (Steffen et al., 2009:150) (voir les chapitres 13 et 27).
3. Supprimer ou minimiser les facteurs de stress existants : « avec une attention particulière sur ceux qui pourraient être amplifiés par le changement climatique » (Steffen et al., 2009:150) (voir le chapitre 16).
4. Arriver à un niveau approprié de connectivité des espèces, des paysages terrestres et marins et des processus écosystémiques : « Ce principe implique la nécessité d'inverser la tendance allant vers plus de simplicité et d'efficacité (relative à la perte de la diversité) des paysages et des zones côtières, et de créer ainsi des paysages et des écosystèmes plus complets, plus résilients et contenant plus d'espèces redondantes » (Steffen et al., 2009:151) (voir le chapitre 27).
5. L'ingénierie écologique peut être nécessaire pour faciliter la transformation de certaines communautés en fonction des changements climatiques : « Il y aura des cas où une approche passive visant à

“laisser la nature s’adapter” pourra être complétée par des mesures plus volontaristes pour conserver la biodiversité et devra l’être » (Steffen et al., 2009:151).

6. Dans certains cas, il faut tenir compte de la préservation génétique : « En dernier ressort, il est possible que certaines espèces doivent être préservées en dehors du contexte d’un écosystème, que ce soit un écosystème naturel existant ou transformé ou même un écosystème conçu par l’homme » (Steffen et al., 2009:151) (voir le chapitre 17).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fourni un aperçu global des connaissances essentielles aux gestionnaires d’aires protégées en matière de gestion du patrimoine naturel. Nous avons mis l’accent sur le fait que la Terre est une merveille de la nature, mais qu’elle est de taille finie. La lithosphère que nous occupons, l’atmosphère que nous respirons, la biosphère et les formes de vie avec qui nous partageons cette planète sont toutes des ressources limitées. Nous avons souligné que la Terre est aussi un lieu dynamique, avec des processus géologiques faisant évoluer constamment la nature de la géodiversité de notre planète.

Nous avons vu comment les origines de la vie sur Terre ont contribué à créer les conditions atmosphériques adéquates pour la survie des organismes existant aujourd’hui. Nous avons décrit comment ceux-ci, à leur tour, au travers de réponses évolutives, ont permis la création d’un monde naturel riche en biodiversité. Nous avons brièvement décrit cette diversité et les principaux types d’écosystèmes de notre planète.

Nous avons également expliqué comment les systèmes essentiels à la vie sur Terre ont été affectés par l’activité humaine et le changement climatique provoqué par cette dernière. Nous nous sommes demandé ce que cela signifiait pour les gestionnaires d’aires protégées du ^{xxi} siècle et quels étaient les défis que cela représentait de travailler dans un monde naturel dynamique qui a été impacté par l’homme. Nous avons décrit la nature, la portée, la complexité et l’ampleur du défi auquel font face les gestionnaires d’aires protégées chargés de la préservation de la vie et des autres trésors naturels de la planète. Enfin, ce chapitre a également fourni une base de connaissance indispensable à la lecture d’autres chapitres de ce livre qui examineront plus en détail des aspects particuliers de la profession de gestionnaire d’aires protégées.

Le méliphage de Nouvelle-Hollande (*Phylidonyris novaehollandiae*) est un visiteur fréquent de nombreuses maisons et jardins du sud de l’Australie, dans lesquels il est le bienvenu. C’est l’une des 898 espèces d’oiseaux recensées en Australie et on ne la trouve que dans des habitats incluant des forêts et des terres boisées, des ruisseaux, des buissons et des landes côtières. On le voit ici posé sur une de ses sources de nectar préférées, une fleur du genre *Grevillea*, une relique des espèces de *Proteaceae* du Gondwana (le Gondwana était un supercontinent comprenant l’Antarctique, l’Australie, l’Afrique, l’Inde et l’Amérique du Sud). L’évolution de certains oiseaux australiens a convergé avec celle d’autres espèces se trouvant dans d’autres parties du monde comme cela est illustré par la ressemblance des méliphages et des souimangas des hémisphères Nord et Sud

Source : Graeme L. Worboys

Références

Lectures recommandées

- Abell, R., Thieme, M. L., Revenga, C., Bryer, M., Kottelat, M., Bogutskaya, N., Coad, B., Mandrak, N., Balderas, S. C., Bussing, W., Stiassny, M. L. J., Skelton, P., Allen, G. R., Unmack, P., Naseka, A., Ng, R., Sindorf, N., Robertson, J., Armijo, E., Higgins, J. V., Heibel, T. J., Wikramanayake, E., Olson, D., López, H. L., Reis, R. E., Lundberg, J. G., Pérez, M. H. S. and Petry, P. (2008) 'Freshwater ecoregions of the world: a new map of biogeographic units for freshwater biodiversity conservation', *BioScience* 58: 403–14.
- Alliance for Zero Extinction (AZE) (2012) 2010 AZE Update: March 2012, Alliance for Zero Extinction, Washington, DC. <www.zeroextinction.org>
- Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Bascompte, J., Berlow, E. L., Brown, J. H., Fortelius, M., Getz, W. M., Harte, J., Hastings, A., Marquet, P. A., Martinez, N. D., Mooers, A., Roopnarine, P., Vermeij, G., Williams, J. W., Gillespie, R., Kitzes, J., Marshall, C., Matzke, N., Mindell, D. P., Revilla, E. and Smith, A. B. (2012) 'Approaching a state shift in Earth's biosphere', *Nature* 486: 52–8.
- Barnosky, A. D., Matzke, N., Tomiya, S., Wogan, G. O. U., Swartz, B., Quental, T. B., Marshall, C., McGuire, J. L., Lindsey, E. L., Maguire, K. C., Mersey, B. and Ferrer, E. A. (2011) 'Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?', *Nature* 471: 51–7.
- Beerling, D. (2007) *The Emerald Planet*, Oxford University Press, Oxford.
- Bertzky, B., Corrigan, C., Kemsey, J., Kenney, S., Ravilious, C., Besançon, C. and Burgess, N. D. (2012) *Protected Planet Report 2012: Tracking progress towards global targets for protected areas*, IUCN, Gland, and UNEP-WCMC, Cambridge.
- Bertzky, B., Shi, Y., Hughes, A., Engels, B., Ali, M. K. and Badman, T. (2013) *Terrestrial Biodiversity and the World Heritage List: Identifying broad gaps and potential candidate sites for inclusion in the natural World Heritage network*, IUCN, Gland, and UNEP-WCMC, Cambridge.
- Biello, D. (2009) 'The origin of oxygen in Earth's atmosphere', *Scientific American*, 19 August. <www.scientificamerican.com/article/origin-of-oxygen-in-atmosphere/>
- BirdLife International (2010) *Marine Important Bird Areas: Priority sites for the conservation of biodiversity*, BirdLife International, Cambridge.
- BirdLife International, Conservation International and Partners (2012) *Global Key Biodiversity Areas Dataset: March 2012*, BirdLife International, Cambridge. <www.birdlife.org/datazone/site>
- Brooks, T. M., Bakarr, M. I., Boucher, T., da Fonseca, G. A. B., Hilton-Taylor, C., Hoekstra, J. M., Moritz, T., Olivier, S., Parrish, J., Pressey, R. L., Rodrigues, A. S. L., Sechrest, W., Stattersfield, A., Strahm, W. and Stuart, S. N. (2004) 'Coverage provided by the global protected-area system: is it enough?', *BioScience* 54: 1081–91.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D. and Rodrigues, A. S. L. (2006) 'Global biodiversity conservation priorities', *Science* 313: 58–61.
- Brooks, T. M., Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Gerlach, J., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Mittermeier, C. G., Pilgrim, J. D. and Rodrigues, A. S. L. (2010) 'Global biodiversity conservation priorities: an expanded review', in J. C. Lovett and D. G. Ockwell (eds) *A Handbook of Environmental Management*, pp. 8–29, Edward Elgar, Cheltenham, UK.
- Butchart, S. H. M., Scharlemann, J. P. W., Evans, M. I., Quader, S., Arico, S., Arinaitwe, J., Balman, M., Bennun, L. A., Bertzky, B., Besançon, C., Boucher, T. M., Brooks, T. M., Burfield, I. J., Burgess, N. D., Chan, S., Clay, R. P., Crosby, M. J., Davidson, N. C., de Silva, N., Devenish, C., Dutton, G. C. L., Fernandez, D., Fishpool, L. D. C., Fitzgerald, C., Foster, M., Heath, M. F., Hockings, M., Hoffmann, M., Knox, D., Larsen, F. W., Lamoreux, J. F., Loucks, C., May, I., Millett, J., Molloy, D., Morling, P., Parr, M., Ricketts, T. H., Seddon, N., Skolnik, B. and Stuart, S. (2012) 'Protecting important sites for biodiversity contributes to meeting global conservation targets', *PLoS ONE* 7(3): e32529.

- Butchart, S. H. M., Stattersfield, A. J. and Collar, N. J. (2006) 'How many bird extinctions have we prevented?', *Oryx* 40(3): 266–78.
- Chape, S., Harrison, J., Spalding, M. and Lysenko, I. (2005) 'Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets', *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360: 443–55.
- Chapin, F. S. III, Zavaleta, E. S., Eviner, V. T., Naylor, R. L., Vitousek, P. M., Reynolds, H. L., Hooper, D. U., Lavorel, S., Sala, O. E., Hobbie, S. E., Mack, M. C. and Diaz, S. (2000) 'Consequences of changing biodiversity', *Nature* 405: 234–42.
- Chapman, A. D. (2009) *Number of Living Species in Australia and the World*, 2nd edn, Australian Biological Resources Study, Canberra.
- Constant, P. (2004) *Galapagos: A natural history guide*, 6th edn, Odyssey, Hong Kong.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (1992) *Convention on Biological Diversity*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2010a) *Global Biodiversity Outlook 3*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Convention on Biological Diversity (CBD) (2010b) *Decision X/2 of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity*, Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montreal.
- Dudley, N., Stolton, S., Belokurov, A., Krueger, L., Lopoukhine, N., MacKinnon, K., Sandwith, T. and Sekran, N. (eds) (2010) *Natural Solutions: Protected areas helping people cope with climate change*, IUCN WCPA and WWF, Gland, The Nature Conservancy, Arlington, UNDP and Wildlife Conservation Society, New York, and The World Bank, Washington, DC.
- Dullinger, S., Essl, F., Rabitsch, W., Erb, K. H., Gingrich, S., Haberl, H., Hülber, K., Jarošik, V., Krausmann, F., Kühn, I., Pergl, J., Pyšek, P. and Hulme, P. E. (2013) 'Europe's other debt crisis caused by the long legacy of future extinctions', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 7342–7.
- Duncan, R. P., Boyer, A. G. and Blackburn, T. M. (2013) 'Magnitude and variation of prehistoric bird extinctions in the Pacific', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 6436–41.
- Ellis, E. C. and Ramankutty, N. (2008) 'Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world', *Frontiers in Ecology and the Environment* 6: 439–47.
- Ellis, E. C., Goldewijk, K. K., Siebert, S., Lightman, D. and Ramankutty, N. (2010) 'Anthropogenic transformation of the biomes, 1700 to 2000', *Global Ecology and Biogeography* 19: 589–606.
- Evans, M. I. (1994) *Important Bird Areas in the Middle East*, BirdLife International, Cambridge.
- Gaston, K. J. (2000) 'Global patterns in biodiversity', *Nature* 405: 220–7.
- Gray, M. (2004) *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature*, Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Groombridge, B. and Jenkins, M. D. (2002) *World Atlas of Biodiversity: Earth's living resources in the 21st century*, University of California Press, Berkeley, and UNEP-WCMC, Cambridge.
- Haberl, H., Erb, K. H., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., Gingrich, S., Lucht, W. and Fischer-Kowalski, M. (2007) 'Quantifying and mapping the human appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 104: 12 942–7.
- Hamilton, L. S. (2002) 'Why mountains matter', *IUCN World Conservation Bulletin* 1: 4–5.
- Hamilton, L. S. and McMillan, L. (2004) *Guidelines for Planning and Managing Mountain Protected Areas*, IUCN, Gland.
- Hoekstra, J., Molnar, J. L., Jennings, M., Revenga, C., Spalding, M. D., Boucher, T. M., Robertson, J. C., Heibel, T. J. and Ellison, K. (2010) *The Atlas of Global Conservation: Changes, challenges, and opportunities to make a difference*, University of California Press, Berkeley.
- Holland, R. A., Darwall, W. R. T. and Smith, K. G. (2012) 'Conservation priorities for freshwater biodiversity: the key biodiversity area approach refined and tested for continental Africa', *Biological Conservation* 148: 167–79.

- Holt, B. G., Lessard, J. P., Borregaard, M. K., Fritz, S. A., Araújo, M. B., Dimitrov, D., Fabre, P. H., Graham, C. H., Graves, G. R., Jönsson, K. A., Nogués-Bravo, D., Wang, Z., Whittaker, R. J., Fjeldsø, J. and Rahbek, C. (2013) 'An update of Wallace's zoogeographic regions of the world', *Science* 339: 74–8.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2013) *Climate Change 2013: The physical science basis—Headline statements for policy makers*, Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva. <www.ipcc.ch/>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2012) *Consolidating the Criteria for Identifying Sites of Significance for Biodiversity: A global consultation process—Progress update*, IUCN, Gland.
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2013a) *Natural World Heritage Facts and Figures 2013*, IUCN, Gland. <www.iucn.org/about/work/programmes/wcpa_worldheritage/about/wcpa_whfacts/>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) (2013b) *The IUCN Red List of Threatened Species: Version 2013.2*, IUCN, Gland. <www.iucnredlist.org>
- International Union for Conservation of Nature (IUCN) and United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) (2014) *Global Statistics from The World Database on Protected Areas (WDPA): August 2014*, UNEP-WCMC, Cambridge.
- Jenkins, C. N. and Joppa, L. (2009) 'Expansion of the global terrestrial protected area system', *Biological Conservation* 142: 2166–74.
- Jenkins, C. N., Pimm, S. L. and Joppa, L. (2013) 'Global patterns of terrestrial vertebrate diversity and conservation', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 2602–10.
- Kettunen, M., Dudley, N., Bruner, A., Pabon, L., Conner, N., Berghöfer, A., Vakrou, A., Mulongoy, K. J., Ervin, J. and Gidda, S. B. (2011) 'Recognising the value of protected areas', in P. ten Brink (ed.) *The Economics of Ecosystems and Biodiversity in National and International Policy Making*, pp. 345–400, Earthscan, London.
- Kohler, T. and Maselli, D. (eds) (2009) *Mountains and Climate Change: From understanding to action*, Geographica Bernensia, Bern.
- Kreft, H. and Jetz, W. (2010) 'A framework for delineating biogeographical regions based on species distributions', *Journal of Biogeography* 37: 2029–53.
- Ladle, R. J. and Whittaker, R. J. (eds) (2011) *Conservation Biogeography*, Wiley-Blackwell, Oxford.
- Langhammer, P. F., Bakarr, M. I., Bennun, L. A., Brooks, T. M., Clay, R. P., Darwall, W., de Silva, N., Edgar, G. J., Eken, G., Fishpool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B., Foster, M. N., Knox, D. H., Matiku, P., Radford, E. A., Rodrigues, A. S. L., Salaman, P., Sechrest, W. and Tordoff, A. W. (2007) *Identification and Gap Analysis of Key Biodiversity Areas: Targets for comprehensive protected area systems*, IUCN, Gland.
- Leakey, R. and Lewin, R. (1992) *The Sixth Extinction: Patterns of life and the future of humankind*, Doubleday, New York.
- Le Saout, S., Hoffmann, M., Shi, Y., Hughes, A., Bernard, C., Brooks, T. M., Bertzky, B., Butchart, S. H. M., Stuart, S. N., Badman, T. and Rodrigues, A. S. L. (2013) 'Protected areas and effective biodiversity conservation', *Science* 342: 803–5.
- Linniger, H., Weingartner, R. and Grossjean, M. (1998) *Mountains of the World: Water towers for the 21st century*, Mountain Agenda, University of Bern, Bern.
- Lockwood, M., Worboys, G. L. and Kothari, A. (2006) *Managing Protected Areas: A global guide*, Earthscan, London.
- Mace, G. M., Collar, N. J., Gaston, K. J., Hilton-Taylor, C., Akçakaya, H. R., Leader-Williams, N., Milner-Gulland, E. J. and Stuart, S. M. (2008) 'Quantification of extinction risk: IUCN's system for classifying threatened species', *Conservation Biology* 22: 1424–42.
- Margules, C. R. and Pressey, R. L. (2000) 'Systematic conservation planning', *Nature* 405: 243–53.
- McNamara, K. (2009) *Prehistoric Life: The definitive visual history of life on Earth*, Permian, Dorling Kindersley, London.

- Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) *Ecosystems and Human Well-Being. Volume 1: Current State and Trends, Findings of the Condition and Trends Working Group*, Island Press, Washington, DC.
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J. and da Fonseca, G. A. B. (2004) *Hotspots Revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, CEMEX, Mexico City.
- Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Brooks, T. M., Pilgrim, J. D., Konstant, W. R., da Fonseca, G. A. B. and Kormos, C. (2003) 'Wilderness and biodiversity conservation', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 10 309–13.
- Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Gil, P. R., Pilgrim, J., da Fonseca, G. A. B., Konstant, W. R. and Brooks, T. (2002) *Wilderness: Earth's last wild places*, CEMEX, Mexico City.
- Mora, C., Tittensor, D. P., Adl, S., Simpson, A. G. B. and Worm, B. (2011) 'How many species are there on Earth and in the ocean?', *PLoS Biology* 9(8): e1001127.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., da Fonseca, G. A. B. and Kent, J. (2000) 'Biodiversity hotspots for conservation priorities', *Nature* 403: 853–8.
- Olson, D. M. and Dinerstein, E. (2002) 'The Global 200: priority ecoregions for global conservation', *Annals of the Missouri Botanical Garden* 89: 199–224.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Abell, R., Allnutt, T., Carpenter, C., McClenachan, L., d'Amico, J., Hurley, P., Kassem, K., Strand, H., Taye, M. and Thieme, M. (2000) *The Global 200: A representation approach to conserving the Earth's distinctive ecoregions*, WWF-US, Washington, DC.
- Olson, D. M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E. D., Burgess, N. D., Powell, G. V. N., Underwood, E. C., d'Amico, J. A., Itoua, I., Strand, H. E., Morrison, J. C., Loucks, C. J., Allnutt, T. F., Ricketts, T. H., Kura, Y., Lamoreux, J. F., Wettengel, W. W., Hedao, P. and Kassem, K. R. (2001) 'Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on Earth', *BioScience* 51: 933–8.
- Palmer, D. (2009) *Prehistoric Life: The definitive visual history of life on Earth*, Young Earth, Dorling Kindersley, London.
- Pimm, S. L., Russell, G. J., Gittleman, J. L. and Brooks, T. M. (1995) 'The future of biodiversity', *Science* 269: 347–50.
- Price, M. F. (ed.) (2004) *Conservation and Sustainable Development in Mountain Areas*, IUCN, Gland.
- Purvis, A. and Hector, A. (2000) 'Getting the measure of biodiversity', *Nature* 405: 212–19.
- Ricketts, T. H., Dinerstein, E., Boucher, T., Brooks, T. M., Butchart, S. H. M., Hoffmann, M., Lamoreux, J. F., Morrison, J., Parr, M., Pilgrim, J. D., Rodrigues, A. S. L., Sechrest, W., Wallace, G. E., Berlin, K., Bielby, J., Burgess, N. D., Church, D. R., Cox, N., Knox, D., Loucks, C., Luck, G. W., Master, L. L., Moore, R., Naidoo, R., Ridgely, R., Schatz, G. E., Shire, G., Strand, H., Wettengel, W. and Wikramanayake, E. (2005) 'Pinpointing and preventing imminent extinctions', *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102: 18 497–501.
- Rodrigues, A. S. L., Andelman, S. J., Bakarr, M. I., Boitani, L., Brooks, T. M., Cowling, R. M., Fishpool, L. D. C., da Fonseca, G. A. B., Gaston, K. J., Hoffmann, M., Long, J. S., Marquet, P. A., Pilgrim, J. D., Pressey, R. L., Schipper, J., Sechrest, W., Stuart, S. N., Underhill, L. G., Waller, R. W., Watts, M. E. J. and Yan, X. (2004) 'Effectiveness of the global protected area network in representing species diversity', *Nature* 428: 640–3.
- Rodrigues, A. S. L., Pilgrim, J. D., Lamoreux, J. F., Hoffmann, M. and Brooks, T. M. (2006) 'The value of the IUCN Red List for conservation', *Trends in Ecology and Evolution* 21: 71–6.
- Rodríguez, J. P., Rodríguez-Clark, K. M., Baillie, J. E. M., Ash, N., Benson, J., Boucher, T., Brown, C., Burgess, N. D., Collen, B., Jennings, M., Keith, D. A., Nicholson, E., Revenga, C., Reyers, B., Rouget, M., Smith, T., Spalding, M., Taber, A., Walpole, M., Zager, I. and Zamin, T. (2011) 'Establishing IUCN Red List criteria for threatened ecosystems', *Conservation Biology* 25: 21–9.
- Rodríguez-Rodríguez, D., Bomhard, B., Butchart, S. H. M. and Foster, M. (2011) 'Progress towards targets for protected area coverage in mountains: a multi-scale assessment', *Biological Conservation* 144: 2978–83.

- Salafsky, N., Salzer, D., Stattersfield, A. J., Hilton-Taylor, C., Neugarten, R., Butchart, S. H. M., Collen, B., Cox, N., Master, L. L., O'Connor, S. and Wilkie, D. (2008) 'A standard lexicon for biodiversity conservation: unified classifications of threats and actions', *Conservation Biology* 22: 897–911.
- Sanderson, E. W., Jaiteh, M., Levy, M. A., Redford, K. H., Wannebo, A. V. and Woolmer, G. (2002) 'The human footprint and the last of the wild', *BioScience* 52: 891–904.
- SavingSpecies and Globaia (2012) *Global Diversity of Mammal, Bird and Amphibian Species*. <savingspecies.org/2012/stunning-new-biodiversity-maps-show-where-to-prioritize-conservation/>
- Schmitt, C. B. (2011) 'A tough choice: approaches towards the setting of global conservation priorities', in F. E. Zachos and J. C. Habel (eds) *Biodiversity Hotspots: Distribution and protection of conservation priority areas*, pp. 23–42, Springer, Berlin.
- Selig, E. R., Turner, W. R., Troëng, S., Wallace, B. P., Halpern, B. S., Kaschner, K., Lascelles, B. G., Carpenter, K. E. and Mittermeier, R. A. (2014) 'Global priorities for marine biodiversity conservation', *PLoS ONE* 9(1): e82898.
- Short, A. D. and Woodroffe, C. D. (2009) *The Coast of Australia*, Cambridge University Press, New York.
- Sinclair, A. R. E., Fryxell, J. M. and Caughley, G. (2006) *Wildlife Ecology, Conservation and Management*, 2nd edn, Blackwell, Oxford.
- Spalding, M. D., Agostini, V. N., Rice, J. and Grant, S. M. (2012) 'Pelagic provinces of the world: a biogeographic classification of the world's surface pelagic waters', *Ocean and Coastal Management* 60: 19–30.
- Spalding, M. D., Fish, L. and Wood, L. J. (2008) 'Toward representative protection of the world's coasts and oceans—progress, gaps, and opportunities', *Conservation Letters* 1: 217–26.
- Spalding, M. D., Fox, H. E., Allen, G. R., Davidson, N., Ferdaña, Z. A., Finlayson, M., Halpern, B. S., Jorge, M. A., Lombana, A., Lourie, S. A., Martin, K. D., McManus, E., Molnar, J., Recchia, C. A. and Robertson, J. (2007) 'Marine ecoregions of the world: a bioregionalization of coast and shelf areas', *BioScience* 57: 573–83.
- Spalding, M. D., Meliane, I., Milam, A., Fitzgerald, C. and Hale, L. Z. (2013) 'Protecting marine spaces: global targets and changing approaches', in A. Chircop, S. Coffen-Smout and M. McConnell (eds) *Ocean Yearbook* 27, pp. 213–48, Brill/Nijhoff, Leiden.
- Stattersfield, A. J., Crosby, M. J., Long, A. J. and Wege, D. C. (1998) *Endemic Bird Areas of the World: Priorities for biodiversity conservation*, BirdLife International, Cambridge.
- Steffen, W., Burbidge, A. A., Hughes, L., Kitching, R., Lindenmayer, D., Musgrave, W., Stafford Smith, M. and Werner, P. (2009) *Australia's Biodiversity and Climate Change*, CSIRO Publishing, Melbourne.
- Stork, N. E. and Habel, C. (2013) 'Can biodiversity hotspots protect more than tropical forest plants and vertebrates?', *Journal of Biogeography* 41: 421–8.
- Strahler, A. N. (2011) *Introducing Physical Geography*, 5th edn, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Tittensor, D. P., Mora, C., Jetz, W., Lotze, H. K., Ricard, D., Berghe, E. V. and Worm, B. (2010) 'Global patterns and predictors of marine biodiversity across taxa', *Nature* 466: 1098–101.
- Udvardy, M. D. F. (1975) *A Classification of the Biogeographical Provinces of the World*, IUCN, Morges.
- United Nations (UN) Millennium Project (2005) *Environment and Human Well-Being: A practical strategy*, Report of the Task Force on Environmental Sustainability, Earthscan, London.
- United Nations Environment Programme World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) (2002) *Mountain Watch: Environmental change and sustainable development in mountains*, UNEP-WCMC, Cambridge.
- United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO) (2014) *World Heritage List*, UNESCO, Paris. <whc.unesco.org/en/list/>
- Watling, L., Guinotte, J., Clark, M. R. and Smith, C. R. (2013) 'A proposed biogeography of the deep ocean floor', *Progress in Oceanography* 111: 91–112.

- Watson, J. E. M., Evans, M. C., Carwardine, J., Fuller, R. A., Joseph, L. N., Segan, D. B., Taylor, M. F. J., Fensham, R. J. and Possingham, H. P. (2011) 'The capacity of Australia's protected area system to represent threatened species', *Conservation Biology* 25: 324–32.
- White, M. E. (2003) *Earth Alive: From microbes to a living planet*, Rosenberg Publishing, Sydney.
- Whittaker, R. J., Riddle, B. R., Hawkins, B. A. and Ladle, R. J. (2013) 'The geographical distribution of life and the problem of regionalization: 100 years after Alfred Russel Wallace', *Journal of Biogeography* 40: 2209–14.
- Williams, K. J., Ford, A., Rosauer, D. F., de Silva, N., Mittermeier, R., Bruce, C., Larsen, F. W. and Margules, C. (2011) 'Forests of east Australia: the 35th biodiversity hotspot', in F. E. Zachos and J. C. Habel (eds) *Biodiversity Hotspots: Distribution and protection of conservation priority areas*, pp. 295–310, Springer, Berlin.

Ce texte est extrait du livre « Gouvernance et gestion des aires protégées »
édité par Graeme L. Worboys, Michael Lockwood, Ashish Kothari, Sue Feary et Ian Pulsford,
publié en 2020 par l'ANU Press, l'Australian National University, Canberra, Australie.

La reproduction de cette publication de l'ANU Press à des fins éducatives ou non commerciales est autorisée sans l'autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit clairement indiquée.
La reproduction de cette publication pour la revente ou à d'autres fins commerciales est interdite sans l'autorisation écrite préalable du détenteur des droits d'auteur.