



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture

Quel avenir pour la biodiversité ? p. 2

Bulletin trimestriel
d'information sur les
sciences exactes et naturelles

Vol. 10, No. 1
Janvier-mars 2012

Planète SCIENCE

SOMMAIRE

PLEINS FEUX SUR ...

- 2 Quel avenir pour la biodiversité ?

ACTUALITÉS

- 10 L'UNESCO combat la sécheresse dans la Corne de l'Afrique
- 11 Un cadre mondial pour la gouvernance des eaux souterraines
- 11 Dix propositions pour la sauvegarde de l'océan
- 12 Neuf sites ajoutés au Réseau mondial des géoparc
- 13 Un forum appelle à plus d'équité dans la nouvelle ère de la science mondiale
- 13 Partager en Asie le savoir-faire en matière d'enseignement scientifique
- 14 Un ouvrage sur « la machine la plus complexe du monde »

INTERVIEW

- 15 Hommage à Wangari Muta Maathai, militante kenyane verte

HORIZONS

- 17 Comment se portent les sciences de la Terre en Afrique ?
- 20 Chiffrer l'économie de la conservation

EN BREF

- 24 Agenda
- 24 Vient de paraître

ÉDITORIAL

Le pari sur la biodiversité

L'onde de choc provoquée par l'incapacité à enrayer l'érosion de la biodiversité avant 2010 pourrait bien se révéler salutaire. Cet échec a suscité dans la communauté internationale un sentiment d'urgence qui a favorisé l'adoption en octobre 2010 du Pacte de Nagoya pour la biodiversité. Nos lecteurs se souviennent sans doute que le pacte fixe des objectifs ambitieux pour 2020, comme de réduire de moitié la perte d'habitats et de faire passer de 12 à 17 % la superficie des réserves naturelles sur les terres émergées, et de 1 à 10 % celles des zones côtières et marines protégées.

À Nagoya, les gouvernements se sont également accordés sur la nécessité de créer un organisme qui évaluerait les progrès réalisés. Cette Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES) sera parrainée par l'UNESCO, le PNUE, la FAO et le PNUD. Le nom du pays qui accueillera le Secrétariat devrait être connu en avril, lorsque seront annoncés les résultats d'un appel d'offres durant la deuxième réunion plénière de l'IPBES.

Se pose alors la question : les objectifs de biodiversité de 2020 connaîtront-ils le même destin que celui de 2010 ? Ou bien existe-t-il désormais une prise de conscience suffisante de toutes les pertes que l'humanité risque de subir si elle laisse le nombre d'extinctions se poursuivre au rythme actuel ? Les chiffres sont éloquentes : 70 % de l'ensemble des espèces végétales connues sont menacées, 35 % des invertébrés, 30 % des amphibiens, 22 % de mammifères...

La régulation du climat, la purification de l'eau et la fertilité du sol sont tous tributaires de la biodiversité, mais ces services écosystémiques cruciaux sont malmenés dans de nombreuses parties du monde par la pollution, la perte d'habitats et autres sources de stress telles que la croissance de la population humaine : le nombre d'*Homo sapiens* a officiellement atteint les 7 milliards le 31 octobre.

Tout le monde admet la nécessité de protéger les services écosystémiques, mais la conservation doit-elle encore être financièrement possible. L'une des options consiste à « rétribuer le protecteur ». Dans la réserve de biosphère de Serra do Espinhaço, au Brésil, qui comprend pas moins de trois points chauds de la biodiversité, mais aussi le sous-sol le plus intensément exploité du monde, une écotaxe assure un revenu à des municipalités ayant de vastes zones protégées, comme nous le verrons dans ce numéro.

L'UNESCO a contribué à l'adoption de la Décennie internationale de la biodiversité jusqu'en 2020, qui vise, entre autres, à expliquer pourquoi nous, les humains, avons tant à gagner au maintien de la diversité biologique de la planète. Dans l'article qui débute au verso de cette page, Thomas Lovejoy nous donne un aperçu de ce que l'avenir pourrait réserver à la biodiversité... et donc à nous-mêmes.

Au risque de clore cet éditorial sur une note un peu solennelle, je dois vous informer que les difficultés financières que l'UNESCO connaît en ce moment m'obligent à réduire *Planète Science* à sa version électronique en 2012. Si vous n'êtes pas abonné en ligne et que vous souhaitez recevoir un avis par courriel à chaque parution du bulletin, vous pouvez vous inscrire sur www.unesco.org/fr/a-world-of-science. Si vous désirez exprimer votre soutien à la revue ou aux travaux de l'UNESCO sur le terrain, la Directrice générale a créé un portail « Faites un don à l'UNESCO » sur www.unesco.org.

Gretchen Kalonji
Sous-directrice générale pour les sciences exactes et naturelles

Quel avenir pour la biodiversité ?

Au moment où l'UNESCO s'apprête à publier les actes de la réunion scientifique qui a lancé en janvier 2010 l'Année internationale de la biodiversité, nous profitons de l'occasion pour rappeler les grands défis auxquels est confrontée la biodiversité, en reprenant un article de ces actes. Cet essai a été rédigé par un auteur devenu une légende vivante dans le domaine de la biologie de la conservation, Thomas Lovejoy. C'est lui qui a lancé dès 1980 l'expression « diversité biologique », et c'est encore à lui que nous devons le concept d'« échange dette-nature », créé alors qu'il était directeur du programme de conservation du Fonds mondial pour la nature (1973–1987).

Les pattes du gecko possèdent le meilleur des adhésifs connus. Ce petit reptile peut exercer une force d'adhérence dépassant les 100 kg. Les scientifiques puisent de plus en plus leur inspiration dans la biodiversité pour mettre au point des produits innovants, cela s'appelle la biomimétique.



© Kellar Autumn/Lewis & Clark College, Portland – Partenaire de l'UNESCO pour l'exposition sur la biodiversité de 2010

Au moment d'aborder la Décennie internationale de la biodiversité (2011–2020), il importe de reconnaître que nous n'avons encore qu'une infime connaissance de la variété des formes de vie avec lesquelles nous partageons un héritage de quatre milliards d'années.

Certes, nous comprenons mieux les grandes lignes de la vie sur Terre depuis les dernières décennies. Les deux solides embranchements (les végétaux et les animaux) de l'Arbre de vie du temps où j'étais écolier dans les années 1950 ont cédé la place à une image plus proche d'un buisson aux branches basses, flanqué sur un côté de trois rameaux terminaux représentant les végétaux, les champignons et les animaux. Le reste du buisson représente une variété de microorganismes dont une bonne partie remonte aux origines de l'histoire de la vie. Beaucoup d'entre eux ont d'étranges appétits et des métabolismes qui pourraient les rendre utiles pour l'industrie et la pharmacie. Nous savons désormais qu'il existe des groupes de communautés biologiques qui dépendent de l'énergie primitive de la Terre (la chimiosynthèse), et non de l'énergie solaire par photosynthèse, et qu'il y a des organismes vivant à des kilomètres en dessous de la surface de la Terre.

L'exploration de la vie sur Terre : l'un des grands défis scientifiques

Cependant, même les groupes les plus visibles, comme les végétaux et les animaux, ne sont encore qu'en partie explorés et décrits par la science. Joppa et coll.¹ (2011) présentent une nouvelle approche du problème fondée sur le nombre d'espèces décrites par taxoniste par an ; ils estiment, par exemple ainsi

Nous ne connaissons pas le nombre d'espèces présentes sur Terre. Il pourrait être de 10 millions, 30 millions ou 100 millions.



© Eric Lhôte, avec son amable autorisation

Ce petit arbre (Psychotria bacteriophyla) de la famille des Rubiacées pousse dans les forêts tropicales.

qu'environ 18 % des Rubiacées (famille qui inclut le café) sont encore à découvrir et que, parmi les familles de végétaux à fleurs, environ 15 % restent encore à décrire. C'est souvent parce que les espèces inconnues ont un nombre restreint de familles, ce qui signifie que le nombre d'espèces menacées, par familles végétales (et dans leur ensemble), est actuellement sous-estimé.

Au fond, l'exploration de la vie sur Terre reste pour la science l'une des grandes priorités et l'un de ses défis, une glorieuse aventure présentant un intérêt direct et indirect pour la société. Comme nous le rappelle régulièrement le myrmécologue (spécialiste des fourmis) étatsunien Edward O. Wilson, nous ne connaissons finalement même pas l'ordre de grandeur du nombre des espèces présentes sur la Terre. Il pourrait être de dix millions, trente millions ou cent millions, selon la diversité des microbes, la biodiversité du sol et autres variables.

Il est dit clairement, dans l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire² de 2005, combien les écosystèmes et la biodiversité qui leur est inhérente fournissent à l'homme de multiples bienfaits : depuis ceux tirés de la simple cueillette jusqu'aux bienfaits induits par les bassins versants, la pollinisation ainsi que l'atténuation des effets des catastrophes ; pensons à la protection offerte par les mangroves contre les ondes de tempête. Considérés, pour la plupart, comme gratuits, ces bienfaits sont, de fait, sous-évalués par la société.

Le venin du bushmaster, ou les bienfaits de la biodiversité

Il y a tout un pan des services offerts par la biodiversité qui ne reçoit aucune reconnaissance : le décryptage de la nature. Il faut voir la diversité biologique comme une immense bibliothèque, dans laquelle chaque espèce représente un ensemble unique de solutions à un ensemble de problèmes biologiques particuliers et uniques. L'épanouissement des sciences de la vie devrait offrir aux hommes un immense champ de découvertes.

Edward O. Wilson a estimé un jour que la quantité d'informations – qui serait calculée par ordinateur – contenues dans un simple brin d'ADN d'un chromosome d'une espèce telle que la souris domestique équivalait à la masse des informations contenues dans toutes les éditions additionnées de l'*Encyclopædia Britannica*.

La valeur des sciences de la vie est parfaitement illustrée par l'exemple du bushmaster, une vipère venimeuse originaire des forêts tropicales du Nouveau monde. Son puissant venin entraîne en général la mort de la proie en abaissant à zéro sa pression sanguine. Les scientifiques de l'Institut Butantan du Brésil, à São Paulo, ont étudié son mécanisme et découvert un système de régulation de la pression sanguine des mammifères jusqu'ici ignoré, par l'angiotensine. La découverte était intéressante mais sans intérêt pratique immédiat car, pris comme remède par voie orale, le venin de serpent n'est ni venimeux, ni utile, parce que le système digestif dénature la protéine, un peu comme un blanc d'œuf devient solide à la cuisson. Mais le décryptage du système de l'angiotensine a permis aux pharmacologistes de la Compagnie Squibb de créer un composé sur lequel travailler. Connu sous l'étiquette commerciale de Capoten, il est devenu le premier en date des inhibiteurs ACE (angiotensin-converting enzyme). Il existe aujourd'hui divers inhibiteurs ACE et la vie de plusieurs centaines de millions de personnes a ainsi gagné en longévité, santé et productivité, alors qu'elles ignorent les bienfaits conférés par un méchant serpent d'une forêt lointaine.

En marge de cet exemple, il faut noter qu'en l'absence de recherche pharmaceutique de grande ampleur au Brésil à l'époque, tous les bénéfices ont convergé vers les compagnies des pays développés et non vers l'Institut Butantan. La molécule du venin du bushmaster n'était pas le médicament lui-même. (Et d'ailleurs cette espèce de serpent ne vit pas seulement au Brésil.) Si le venin avait eu une application directe sous forme de médicament, aujourd'hui au moins il aurait été possible d'en faire bénéficier les organismes brésiliens. Ou si les scientifiques brésiliens avaient fait équipe avec des spécialistes étrangers, les avantages auraient été partagés. La leçon à

*Aujourd'hui,
des centaines de
millions de personnes vivent
plus longtemps, en ignorant
les bienfaits apportés par
un méchant serpent dans
une lointaine forêt
pluviale.*



tirer de ce cas est que les progrès dépendent souvent d'une libre mise en commun de l'information scientifique, et qu'une industrie nationale puissante aurait pu donner au Brésil la chance de tirer profit plus facilement de la découverte.

Un autre service conféré par le décryptage de la nature: la PCR

En 1993, Kary Mullis a reçu le prix Nobel de chimie pour avoir inventé la réaction en chaîne par polymérase (PCR). Cette découverte occupe une grande place dans la presse, quasiment sans aucune référence à sa nature ou son histoire. La PCR est une technique de réplication à grande échelle qui permet à de minuscules fragments d'ADN de se multiplier des milliers de fois en un temps très court. Cela a révolutionné la médecine du diagnostic parce qu'il n'est plus nécessaire, dans la plupart des cas, de cultiver l'agent pathogène soupçonné jusqu'à ce qu'il puisse être identifié. Cela a révolutionné la médecine légale. Et a rendu possibles ou plus faciles toutes sortes de sciences dépendant de l'information génétique – y compris le Projet du génome humain – pour le plus grand bénéfice de l'humanité. L'économiste indien Pavan Sukhdev croit qu'une étude approfondie des bénéfices obtenus par la PCR pourrait les estimer à un milliard de milliards de dollars, sinon plus.

La réaction comporte deux phases répétées très rapidement un grand nombre de fois : la chaleur sépare les deux brins d'un chromosome, puis une enzyme incite les deux brins séparés à construire leur partenaire manquant. Au moment où Kary Mullis a imaginé ce processus, aucune enzyme n'était capable de déclencher la seconde phase, car elle devait également résister à la chaleur. Donc, pas de réaction en chaîne. Un jour cependant, on en découvrit une dans la bactérie *Thermus aquaticus*, prélevée dans une source chaude de Yellowstone aux États-Unis. Voici un service octroyé par le décryptage de la nature qui crédibilise le chiffre avancé d'un bénéfice d'un milliard de milliards de dollars.

Prendre en compte la valeur de la biodiversité dans la prise de décisions

La majeure partie de la bibliothèque constituée par la biodiversité n'est pas prise en compte dans le processus de prise de décisions, qui, d'ailleurs, ne prend pas davantage en compte bien d'autres avantages offerts par la nature. Si nous voulons envisager avec optimisme l'avenir de la biodiversité de notre planète, cela doit changer. Le projet Économie des écosystèmes et de la biodiversité³, qui vise précisément cet objectif, suggère des moyens d'intégrer une grande partie de cette valeur dans la prise de décisions économiques. Pilotés par Pavan Sukhdev, ses rapports ont été soumis à la Conférence

des parties à la Convention sur la diversité biologique, en octobre 2010, à Nagoya.

La question suivante est un exemple classique : faut-il ou non défricher la mangrove pour la remplacer par l'élevage des crevettes ? Selon l'analyse économique conventionnelle, il n'y aurait aucun doute en faveur de l'implantation d'une ferme d'aquaculture. Si, cependant, on retirait les subventions, soudain le choix ne serait plus aussi clair. Si, en outre, on introduisait dans l'équation les bienfaits que la mangrove confère à la productivité des pêcheries, les avantages de garder intacte la mangrove deviendraient parfaitement évidents. Sans parler de la protection des littoraux et des villages côtiers conférée par la mangrove.

L'une des difficultés tient à l'emploi d'une échelle dévalorisante – plus un bienfait est éloigné dans le temps, plus sa valeur est faible – ce qui a pour effet de sous-estimer les avantages disponibles pour les générations futures ou les pauvres, qui sont tributaires des écosystèmes pour une part significative de leurs « revenus » (entre 39 % et 89 % du total, selon des études portant sur des populations ciblées). Autre effet d'une vision à court terme, les frais de secours en cas de catastrophe ou de soins médicaux sont comptés en termes de produit national brut, alors que la prévention de ces catastrophes fournie par les écosystèmes, et les avantages que représentent la pureté de l'air ou de l'eau, eux, ne sont pas comptabilisés.

Je m'intéresse depuis longtemps à l'idée d'une analogie économique entre deux formes de croissance biologique : celle d'un organisme qui se contente de grossir et de consommer davantage (comme un alligator) et celle d'un organisme qui ne gagne pas en volume, ne consomme pas davantage mais développe sa complexité⁴. Discutant de cela avec Pavan Sukhdev, j'ai avancé l'exemple d'une chenille qui devient papillon, et le slogan d'une « économie en forme de papillon » en est ressorti. Il est peut-être plus pratique de négocier la transition entre un modèle de croissance lié à une forte consommation et un modèle ayant une consommation de moindre intensité. Il semblerait sage de s'y mettre de façon créative avant d'y être obligés.

La Mer de Glace, dans le massif du mont Blanc, est le plus long glacier de France (7 km), même après avoir perdu 2 km de sa longueur en 150 ans. Sur cette photo datant de 2003, le tracé indique les limites de la zone couverte par le Mer de glace en 1644 (en vert) et en 1821 (en rouge), pendant le Petit âge glaciaire ; puis en 1895 (en orange). Entre 1821 et 1895, le glacier a reculé de 1,2 km.

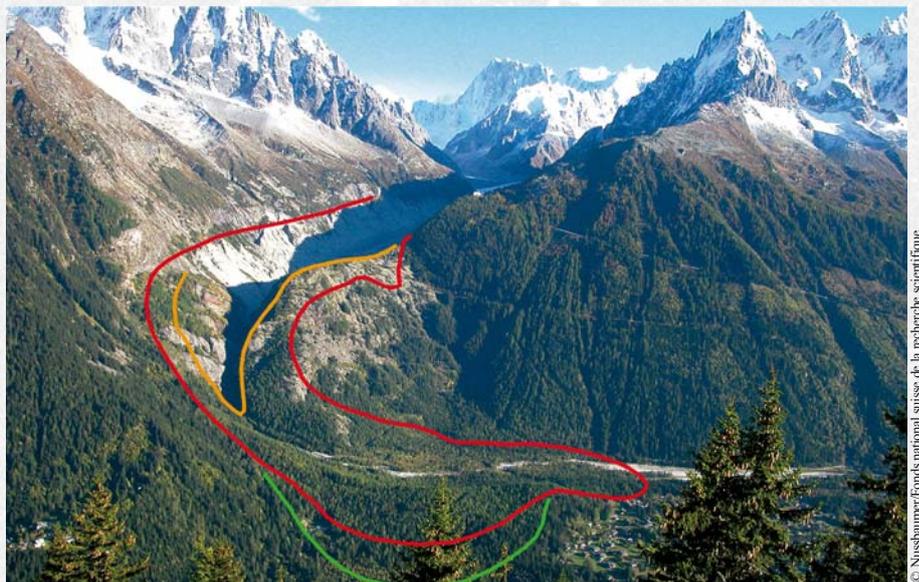
Il semblerait sage d'abandonner un modèle de croissance basé sur une forte consommation pour passer, de façon créative, à une consommation de moindre intensité, avant de n'en avoir plus le choix.

Les écosystèmes ont joué d'un climat stable pendant 10 000 ans

En 1896, le scientifique suédois Svante Arrhenius s'est posé une question extrêmement importante : pourquoi la température de la Terre est-elle favorable aux êtres humains et aux autres formes de vie ? Pourquoi n'est-elle pas trop basse ? La réponse qu'il apportait dans son célèbre article était celle de l'effet de serre et la capacité de certains gaz à piéger la chaleur – notamment celle du dioxyde de carbone (CO₂). Il est intéressant, alors qu'il existe encore dans le monde des personnes qui nient la science vénérable et abondamment validée de la climatologie – qu'avec une feuille et un crayon, Arrhenius ait pu calculer ce que serait la température dans un monde où le CO₂ atteindrait le double de son niveau préindustriel. Son résultat était très proche des projections modernes par superordinateurs.

Ce qu'Arrhenius n'aurait pu connaître, c'est la température réelle de la planète pendant ces 10 000 dernières années, et en particulier, le fait que son climat avait été très stable depuis 10 000 ans. Cette période couvre toute l'histoire humaine connue, plus une partie inconnue, ainsi que les débuts de l'agriculture et des peuplements humains. En d'autres termes, la totalité de l'aventure humaine repose sur l'hypothèse d'un climat stable. C'est en partie pourquoi on parle tellement du temps qu'il fait. Tout au long de cette même période de 10 000 ans, tous les écosystèmes s'étaient adaptés à un climat stable. Cela commence à changer.

La concentration du CO₂ dans l'atmosphère, qui était, à l'époque préindustrielle, de 280 parties par million (ppm) avoisine actuellement les 400 ppm. Après un bref recul des émissions dues à la récession mondiale, les émissions repartent aujourd'hui à la hausse plus rapidement que dans le pire des scénarios envisagés dans le dernier rapport (2007) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec). Le système climatique de la planète a réagi depuis 1850 par une hausse moyenne de la température planétaire d'environ 0,8° C.



© Nussbaumer/Fonds national suisse de la recherche scientifique

Le cyclone tropical Gonu s'est formé en un lieu inattendu, le 4 juin 2007. Le satellite Aqua de la NASA a enregistré cette image du cyclone abordant le rivage nord-est du Sultanat d'Oman, région plus habituée à un climat désertique chaud.



Cette hausse provoque déjà des modifications évidentes et spectaculaires des aspects physiques de la nature, en ce qui concerne tout spécialement les phases solide et liquide de l'eau. L'étendue de la banquise d'été sur l'océan Arctique a considérablement diminué ces dernières années, et la toute première saison d'un océan Arctique libre de glaces devrait se produire dans moins de 20 ans. Les glaciers reculent dans la plupart des parties du monde. Bientôt, le Parc national des glaciers des États-Unis, une réserve de biosphère, n'aura plus de glaciers que le nom. Quant au glacier alpin de France connu sous le nom de Mer de glace, il fait l'objet d'efforts considérables pour en ralentir la fonte. Tous les glaciers des zones tropicales auront disparu dans moins de 15 ans, or, certains, ceux de Bolivie par exemple, sont les principaux pourvoyeurs d'eau pour les villes, comme c'est le cas de La Paz. Cela aura nécessairement des répercussions sur les écosystèmes situés en aval.

Le niveau de la mer s'élève, dans un premier temps en raison de l'expansion thermique de l'eau due au réchauffement de la température de l'air, mais aussi aujourd'hui en raison de la fonte de la glace, notamment aux pôles et au Groenland. Le Giec, en partie à cause de son parti-pris de modération, a constamment sous-estimé la montée du niveau de la mer. Combiné à la subsidence naturelle des continents, l'élévation du niveau de la mer est en train de transformer en refuge marin la côte orientale du Blackwater Wildlife Refuge du Maryland, aux États-Unis (voir carte page suivante). La fréquence accrue de grandes tempêtes et de forts cyclones tropicaux est observée partout dans le monde.

Le crapaud doré, endémique dans les forêts nébuleuses du Monteverde (Costa Rica), pourrait être la première victime du changement climatique. La cause la plus probable serait la prolifération d'un champignon hautement pathogène, prolifération sans doute favorisée par le changement climatique.



La biodiversité est en train de réagir au changement climatique

Rien de surprenant donc à ce que la biologie de notre planète réagisse, elle aussi, au changement climatique. Les premiers signes ont été certaines modifications du calendrier du cycle de la vie. Les plantes à fleurs éclosent plus tôt au printemps dans les régions tempérées et boréales. Les animaux modifient leur cycle annuel, certaines espèces d'oiseaux comme l'hirondelle bicolore (*Tachycineta bicolor*) d'Amérique du Nord migrent, nidifient et pondent bien plus tôt qu'autrefois.

Les espèces commencent aussi à changer d'aire. En Amérique du Nord, l'espèce de papillon extrêmement bien étudiée, l'Edith Cherckerspot (*Euphydryas editha*), connue pour être vagabonde, s'est, de toute évidence, déplacée vers le nord et en altitude. Des changements similaires ont été observés chez d'autres espèces de papillons. Une analyse récente portant sur de nombreux cas montre que le changement de répartition spatiale des espèces est trois fois plus rapide que par le passé.

En vérité, ce n'est plus une affaire d'exemples anecdotiques : les modifications et les déplacements de la nature sont étayés par de solides statistiques. Les scientifiques ont observé que, quasiment partout, la nature est en mouvement. Cela se produit dans les océans, avec les changements de répartition du plancton et des poissons. Dans la baie de Chesapeake, aux États-Unis, les habitats d'herbiers marins, si importants pour les crabes bleus et autres espèces vivantes, sont très sensibles à la hausse des températures : la limite sud des zostères, un type particulier d'algues marines, avance régulièrement vers le nord année après année.

Le changement ne se limite pas aux régions boréales et tempérées. Dans la légendaire forêt nébuleuse de Monteverde, au Costa Rica, le changement a été observé, pas tant en termes de température que d'humidité. Les formations nuageuses se produisent souvent aujourd'hui à des altitudes plus élevées – changement très sérieux pour un écosystème dont l'humidité dépend presque entièrement de la condensation des nuages. La première extinction d'une espèce terrestre imputable au changement climatique pourrait être celle du crapaud doré de Monteverde (*Bufo periglenes*).

Que nous réserve l'avenir ?

Ces changements ne sont, toutes proportions gardées, que de minuscules rides sur le tissu de la vie sur Terre. La question d'importance est de savoir à quoi ressemblera l'avenir ? Une chose est sûre : le changement ne sera pas commandé par la seule température mais aussi par l'humidité. En attestent d'une part la sécheresse récurrente du Sud-ouest américain, qui persiste en dépit des cycles de La Niña, et d'autre part l'assèchement des nids de poules de la Prairie du Midwest – région critique en tant que grande voie aérienne de migration de la sauvagine (voir carte page suivante).



Des phénomènes de découplage se produisent lorsque deux facteurs naturels associés réagissent à deux mécanismes chronologiques différents : la durée du jour par rapport à la température. Alors que la durée du jour reste inchangée, l'atmosphère se réchauffe à un rythme si rapide que les espèces ne peuvent s'adapter aux conséquences. Connu uniquement en Amérique du Nord, le lièvre d'Amérique à raquettes de neige (*Lepus americanus*) est désormais capturé dans des paysages dépourvus de neige, encore revêtu de son pelage d'hiver d'un blanc pur, ce qui le rend très visible pour ses prédateurs. Le guillemot noir (*Cepphus grille*), qui niche sur le rivage arctique de l'Alaska, se rend jusqu'à la limite des glaces de l'océan Arctique pour y pêcher la morue polaire. Depuis que se rétrécit la superficie de la banquise d'été de l'Arctique, il lui faut maintenant faire des allers-retours bien plus longs, si longs, en fait, qu'une de ses colonies de nidification au moins n'a pas résisté à l'épreuve.

En se projetant dans l'avenir, pour les espèces dont les exigences sont bien connues, il est possible de prévoir le lieu où ces exigences seront satisfaites. S'agissant de l'érable à sucre (*Acer saccharum*), célèbre pour son feuillage d'automne (voir carte), ainsi que pour le sirop et le sucre d'érable, il se réfugierait au Canada, dès que le taux de CO₂ aura doublé de valeur par rapport à l'époque préindustrielle. Dans les eaux douces, les espèces d'eau froide comme la truite verront certainement leur aire se modifier, sinon se réduire ou même disparaître.

Les espèces vivant en haute altitude, comme celle du Pika américain (*Ochotona pinceps*), populations isolées qui peuvent se rencontrer en des points élevés des Rocheuses, se déplaceront plus haut, comme le fait le papillon Checkerspot, jusqu'à ce qu'elles ne puissent plus monter au-delà. Une projection concernant les vertébrés endémiques des forêts pluviales de l'Australie orientale montre une forte perte d'espèces en cas de réchauffement du climat ; la physiologie de certaines espèces semble très sensible à une hausse de la température.

Les espèces côtières seront touchées par l'élévation du niveau de la mer mais pourront réussir à s'engager vers l'intérieur des terres. Quant aux espèces vivant sur des îles basses comme le cerf des Keys de Floride, elles n'auront nulle part où aller. Celles des îles moins basses pourront finir par ne plus trouver de microclimat à leur convenance et ne plus pouvoir migrer.

Ce qui est plus inquiétant, c'est que certains écosystèmes sont déjà mis à mal. Les récifs coralliens tropicaux en sont un exemple,

Certains écosystèmes sont déjà mis en échec. La multiplication des phénomènes de blanchissement assombrit l'avenir des récifs tropicaux.

sensibles comme ils sont au réchauffement des eaux. Cela provoque la rupture de l'association fondamentale de l'écosystème corallien entre l'animal corail et son algue. Le corail l'exulse, ce qui provoque un « phénomène de blanchissement » qui détruit la diversité, la productivité et les bienfaits rendus aux communautés locales – un peu comme une extinction des lumières. D'abord constatés en 1983, ces phénomènes se produisent de plus en plus fréquemment chaque année, assombrissant l'avenir des récifs tropicaux.

La brique et le ciment vont-ils empêcher certaines espèces de se disperser ?

Sur les continents, une autre cause de destruction des écosystèmes – ou du moins de leur profonde transformation – a été observée dans les forêts de conifères de la région ouest de l'Amérique du Nord. Depuis l'Alaska jusqu'au Colorado, on observe une mortalité massive des conifères à cause de l'allongement des étés et de l'adoucissement des hivers qui modifient l'équilibre et donnent l'avantage aux insectes indigènes appelés scolytes qui, lorsqu'ils sont nombreux, tuent les arbres puis s'en nourrissent. La masse toujours croissante de bois sec et pourrissant constitue un énorme risque d'incendie et un problème pour la gestion des forêts ; il est difficile d'imaginer ce que sera l'avenir de ces écosystèmes.

À plus long terme, il semble que les écosystèmes subiront un autre bouleversement, plus important et plus complexe. L'une des causes en sera l'interaction entre la dispersion des espèces et la modification des paysages par l'homme.

Le changement climatique a toujours, il est vrai, fait partie de la vie sur Terre. Les glaciers ont apparu et disparu pendant les grandes époques glaciaires du pléistocène (entre circa 2,5 millions d'années et 11 700 ans), sans avoir apparemment affecté la biodiversité. Les espèces ont de toute évidence su retrouver des conditions favorables.

Aujourd'hui, en revanche, les paysages ont été profondément modifiés par l'action de l'homme, qui a créé des courses d'obstacles s'opposant à la dispersion des espèces. Le degré de difficulté constitué par ces modifications varie avec la biologie de chaque espèce. J'ai vu un jour un katydid (voir carte) sur la terrasse du toit d'un immeuble de six étages du sud de Manhattan, à New York, et, plus récemment une espèce envahissante, la punaise *Halyomorpha halys*,⁵ au 20^{ème} étage d'un gratte-ciel de la ville de Pittsburgh, mais pour d'autres espèces, la modification des paysages pourrait interdire leur dispersion et provoquer leur extinction.



Poissons-clowns dans les récifs coralliens de l'atoll de Baa aux Maldives, qui a rejoint en 2011 le Réseau mondial des réserves de biosphère de l'UNESCO.

© Projet de l'écosystème de l'atoll, ministère du Logement et de l'environnement, atoll de Baa (Maldives)

Les paysages ont été profondément modifiés par l'action de l'homme, qui a notamment créé des courses d'obstacles s'opposant à la dispersion des espèces pour échapper aux changements climatiques et précipitant ainsi leur extinction.

Il est tout à fait établi d'après les petits changements d'aujourd'hui, ajoutés aux bien plus grands changements du passé, que les communautés biologiques ne se déplacent pas dans leur ensemble. Au contraire, c'est l'espèce qui se déplace seule, chacune à son propre rythme et dans sa propre direction, à la recherche de conditions spécifiques. Si bien que, face à l'accélération du changement climatique à laquelle nous pouvons nous attendre, l'écosystème que nous connaissons actuellement éclatera et les espèces survivantes s'assembleront en écosystèmes difficiles à imaginer d'avance. Gérer le processus constituera un défi considérable.

Et si le climat changeait brusquement, comme par le passé ?

Il est certain, en outre, que tout changement éventuel sera plus brusque que ce que nous avons observé au cours des dernières décennies. C'est évidemment le cas pour le système climatique. Par exemple, la zone sud-ouest des États-Unis, connue pour ses vergers d'agrumes, est déjà en proie à une sécheresse qui s'avère exceptionnelle non seulement en termes de durée mais aussi de sévérité et d'extension géographique.

Le « tapis roulant mondial » qui répartit la chaleur tout autour des océans, a connu des pannes dans les époques géologiques. Le climat a « fait un bond » plus récemment, à la fin de la dernière glaciation il y a environ 12 000 ans, où la fonte des nappes de glace d'Amérique du Nord libéra des masses d'eau douce dans l'Atlantique Nord, ce qui immobilisa le tapis roulant et abaissa, en une décennie, de 5 ° C la température sur l'Atlantique Nord.

Pluie acide sur les océans

Un grand changement systémique est en cours, dont le signe le plus évident est l'acidification des océans. Largement négligé jusqu'en 2005 (alors qu'il pouvait même être constaté en laboratoire de chimie par des lycéens), le surplus de CO₂ absorbé par les océans a réagi en produisant suffisamment d'acide carbonique pour abaisser de 0,1 unité le pH des océans.⁶ Cette quantité peut sembler négligeable, sauf que l'échelle du pH étant logarithmique, cela signifie que l'acidité des océans a augmenté de 30 % par rapport à 1950.

L'acidification des océans entraîne des conséquences considérables pour tous les organismes marins qui fabriquent des coquilles et des squelettes en carbonate de calcium. L'équilibre de ce carbonate est sensible à la température et au pH : il est plus bas dans une eau plus acide ou plus froide. L'incapacité des huîtres à se reproduire dans l'État de Washington, aux États-Unis, a été attribuée à l'augmentation de l'acidité. La majorité des minuscules organismes qui fourmillent en nombre astronomique à la base des chaînes alimentaires se trouveront en danger, tels les ptéropodes – minuscules escargots ayant un « pied » modifié qui peut battre comme une aile pour maintenir l'organisme à un niveau donné dans la colonne d'eau – ainsi que le reste de la chaîne alimentaire. L'acidification constitue véritablement un profond changement pour les océans, qui occupent les deux tiers de la planète.

La plupart des négociations ont porté sur les moyens de réduire à 2° C le réchauffement planétaire; or, 1,5° C apparaît comme un objectif plus raisonnable.

Quelque 50 ppm de CO₂ pourraient être séquestrés sur une période de 50 ans par la reforestation, une meilleure gestion des forêts, la restauration des prairies et des pâturages dégradés ainsi que des écosystèmes agricoles.

Le dépérissement de l'Amazonie serait-il imminent ?

Un autre grand défi qui pourrait se profiler à l'horizon est l'éventualité du dépérissement de la forêt pluviale d'Amazonie, dans ses parties sud et sud-est. Prévu dans un premier temps par le modèle du Hadley Centre (Royaume-Uni) pour intervenir après un réchauffement mondial d'environ 2,5° C, il se produirait, selon une projection révisée en 2005, dès le niveau de 2° C.

Plus récemment, la Banque mondiale a investi 1 million de dollars dans une étude de modélisation des effets du changement climatique, de la déforestation et des incendies en Amazonie. C'était la première fois qu'ils étaient modélisés ensemble : le point de basculement du dépérissement de l'Amazonie pourrait apparaître à partir d'une déforestation établie à 20 %, alors qu'elle a déjà atteint 18 %. Ce qui est inquiétant, c'est que la plus forte sécheresse historique de l'Amazonie a eu lieu en 2005, mais qu'une sécheresse encore plus forte l'a suivie en 2010. Ce sont peut-être des signes précurseurs de ce qui nous attend.

Même une élévation de 2° C pourrait être dommageable pour la biodiversité

Pendant ce temps, la plupart des discussions et des négociations ont porté sur les possibilités de réduire à 2° C en moyenne le réchauffement de la planète au cours de ce siècle. Pour ce faire, selon les théories actuelles, les émissions mondiales devraient plafonner en 2016. Or, même cet objectif est nettement trop tardif pour bon nombre de glaciers et pour les écosystèmes de la planète.

De toute évidence, ce qu'il faudra faire pour soutenir la résilience des écosystèmes, c'est restaurer les voies de circulation naturelles dans les paysages (en créant, par exemple, des couloirs écologiques comme celui qui relie le parc Yellowstone aux parcs territoriaux du Yukon en Amérique du Nord) et réduire les autres facteurs de stress afin d'éviter les synergies négatives avec le changement climatique. Mais même la suppression de ces facteurs de stress fera pâle figure, comparée aux effets de la poursuite du réchauffement planétaire.

En somme, une élévation de 2° C de la température moyenne de la planète (environ 450 ppm de CO₂) sera excessive. Un taux de l'ordre de 350 ppm de CO₂ – équivalent à peu près à une élévation de la température de 1,5° C – serait un objectif plus raisonnable.

Restaurer les écosystèmes éviterait la production d'une grande masse de carbone

L'agenda de l'énergie est évident et urgent mais il est en outre indispensable de débarrasser l'atmosphère de quantités substantielles du CO₂ excédentaire afin d'éviter le réchauffement qu'il devrait provoquer. Cela pourrait paraître une entreprise à la Don Quichotte⁷ mais l'histoire de la vie sur la Terre montre que la

planète a connu par deux fois une concentration de CO₂ extrêmement élevée, et qu'elle est revenue, par deux fois, aux taux préindustriels par simple effet biologique.

La première baisse a accompagné l'apparition des végétaux continentaux, sous l'effet de la photosynthèse et de l'accumulation de la biomasse végétale. En même temps, la formation des sols a réduit le CO₂ – non par le seul processus physique, mais avec la complicité du biote de sol. Quant à la seconde baisse, elle s'est produite avec l'apparition des plantes à fleurs modernes, qui ont joué plus efficacement le même rôle.

Ces deux très grandes altérations de la composition de l'atmosphère ont pris des dizaines de millions d'années, et le potentiel de la biologie pourrait paraître hors de proportion avec elles. Oui, mais quelque 200 à 250 milliards de tonnes de carbone se sont accumulées dans l'atmosphère au cours des trois derniers siècles en raison de la destruction et de la dégradation des écosystèmes par la déforestation, la détérioration des prairies et les pratiques agricoles qui libèrent le carbone du sol. Un retour à la rotation des cultures, par exemple, pourrait réduire l'érosion du sol, qui relâche dans l'atmosphère beaucoup de carbone enterré. Les excédents actuels de CO₂ ont, pour moitié, une origine biologique moderne, et ils peuvent dans une grande mesure être évités par une restauration des écosystèmes à l'échelle planétaire.

Le chiffre est approximatif, mais environ 50 ppm de CO₂ pourraient être séquestrées, sur une période de 50 ans – soit la différence entre les 350 ppm et la valeur actuelle, qui avoisine les 400 ppm. On y parviendrait en séquestrant environ un demi milliard de tonnes de carbone par an en reboisant et gérant mieux les forêts ; un autre demi milliard par an en restaurant les prairies et les pâturages dégradés – pour une meilleure alimentation du bétail – et un troisième demi milliard par an en gérant les écosystèmes agricoles de façon à rétablir les réserves du sol en carbone – ce qui améliorerait leur fertilité. Gérer ainsi

la planète est certes plus compliqué à faire qu'à dire, et les opérations devront prendre en compte la nécessité de nourrir une population augmentée d'au moins 2 milliards de personnes, mais le potentiel existe. Une telle solution présente également l'immense avantage de rendre la biodiversité et les écosystèmes plus résilients devant la menace du changement planétaire et des autres facteurs de stress qui les affecteront.

Dans la mesure où cela ne suffira pas, vu la tendance actuelle des émissions, il est évident que des moyens non biologiques doivent être recherchés pour éliminer le CO₂ non seulement des hautes cheminées mais aussi de l'atmosphère. Il faut, pour cela, mettre au point des moyens économiquement acceptables. On pourrait imaginer, par exemple un processus par lequel le CO₂ se combinerait à d'autres molécules pour devenir une substance inerte comme le béton.

La réduction du CO₂ est infiniment préférable à pratiquement tout plan de géo-ingénierie visant à réduire la température, sauf localement. Les plans de géo-ingénierie destinés à abaisser la température de la planète ne traitent, finalement, que le symptôme et non la cause. Ils ne combattent nullement l'acidification de l'océan et, étant planétaires, leurs inconvénients seront, par définition et par conséquent, tout aussi planétaires. En outre, dès que cesserait l'intervention, la température de la planète remonterait exactement au point qu'elle aurait atteint auparavant.

Il serait bien préférable de gérer notre planète vivante précisément en tant que telle, en utilisant les systèmes vivants de la Terre pour la reverdir et la rendre plus douce à habiter pour toutes les formes de vie.

Thomas Lovejoy

Retrouver cet article dans *Tracking Key Trends in Biodiversity Science and Policy*, voir aussi page 24

1. Joppa, L.N. ; Roberts, D.L. et S.L. Pimm (2011) : How many species of flowering plants are there ? *Proceedings of the Royal Society (B)* 278:554–559
2. L'UNESCO a apporté sa contribution à cette évaluation. Voir *Planète Science* de juillet 2005
3. Voir : www.teebweb.org
4. Portant l'obscur appellation de « croissance par intussusception »
5. Le territoire d'origine de ce fleau agricole couvre la Chine, la République de Corée et le Japon.
6. D'un pH de 8,2 en 1950 à une valeur de 8,1 aujourd'hui
7. Personnage de la littérature espagnole du 17^{ème} siècle, Don Quichotte est un rêveur idéaliste et un justicier autoproclamé.

En avril 2010 l'éruption du volcan islandais Eyjafjallajökull a paralysé le trafic aérien au-dessus de l'Europe pendant plusieurs jours. Puisque la matière éjectée refroidit l'atmosphère en bloquant le rayonnement solaire, certaines personnes imaginent une possible géo-ingénierie du système climatique par injection d'aérosols dans la stratosphère afin de ralentir le réchauffement planétaire.

L'UNESCO combat la sécheresse dans la Corne de l'Afrique

L'UNESCO commencera en janvier à cartographier les eaux souterraines dans la région de la Corne de l'Afrique frappée par la sécheresse afin de fournir aux populations un approvisionnement durable en eau. La sécheresse a provoqué la pire famine enregistrée dans la région depuis 60 ans : 12 millions de personnes risquent de mourir de faim. Celles vivant dans des camps de réfugiés sont particulièrement vulnérables.

La première phase du projet est financée par des fonds d'origine flamande à hauteur de 396 000 dollars, auxquels s'ajoutent 100 000 dollars alloués par l'UNESCO. Elle consiste en une série de consultations nationales organisées par l'UNESCO dans le but de mobiliser les parties concernées, les partenaires et les donateurs potentiels, suivie d'un atelier régional et du lancement du travail de cartographie des eaux souterraines, sur des sites pilotes en Éthiopie et au Kenya.

La première consultation nationale a eu lieu en Éthiopie les 1^{er} et 2 novembre. Elle a été suivie d'une visite d'experts au camp de réfugiés de Dalo Ado, dans l'est du pays, du 4 au 10 novembre et dans la haute vallée du Fafen, du 12 au 14 novembre (voir carte), afin d'évaluer la situation. Une deuxième consultation nationale au Kenya, les 9 et 10 novembre, s'est poursuivie, un mois plus tard, par une visite au camp de réfugiés de Kakuma, au Turkana.

Peu après la troisième consultation nationale, en Somalie le 1^{er} décembre, s'est tenu un atelier régional à Addis-Abeba. Les 5 et 6 décembre, des spécialistes des bureaux de l'UNESCO à Nairobi et à Addis-Abeba se sont réunis avec le personnel ministériel et les experts de six pays appartenant à l'Autorité intergouvernementale pour le développement en Afrique de l'Est (IGAD) afin de mettre en commun les

résultats des consultations nationales, de se mettre d'accord sur l'étendue des activités régionales et de mobiliser les partenaires sur des objectifs régionaux.

Grâce aux progrès réalisés en géosciences, il est désormais possible de détecter la localisation précise des eaux souterraines dans un climat aride comme celui de la Corne de l'Afrique. L'UNESCO utilise la nouvelle technologie de télédétection mise au point par Radar Technologies International pour réaliser des cartes à haute résolution du potentiel des eaux souterraines dans la zone étudiée. Ces cartes aideront dès lors les partenaires à décider où forer des puits pour amener l'eau à la surface au moindre coût. Ces partenaires seront notamment l'UNHCR, l'UNICEF, l'USAID, et plusieurs ONG.

La cartographie de la haute vallée du Fafen commencera en début janvier sur un site pilote proche du camp de réfugiés de Dalo Ado et devrait se terminer en fin avril.

La technologie mise au point par Radar Technologies International a déjà fait ses preuves au Darfour (Soudan) et dans une étude des eaux souterraines effectuée l'an dernier par l'UNESCO en Irak. Elle procède en traitant les données de télédétection fournies par les satellites LANDSAT et RADAR, et en les recoupant avec les données de terrain fournies par un radar à pénétration du sol ainsi qu'avec celles fournies par la géologie, l'hydrogéologie, la géographie, l'hydrologie, la climatologie et, chaque fois qu'il s'agit d'aquifères profonds, par la sismologie.

Lorsque les cartes et la base de données correspondante auront été produites, elles deviendront la propriété des pays concernés. L'UNESCO maintiendra cependant une présence sur place pour s'assurer d'une gestion rationnelle des eaux souterraines sur plusieurs générations.

L'UNESCO prévoit de consulter des experts et de commander de nouvelles études avant d'étendre le projet en direction des zones arides et semi-arides du nord de l'Éthiopie et du Kenya, ainsi qu'aux camps de réfugiés du sud de la Somalie. Pour cette deuxième phase du projet, l'UNESCO aura besoin d'un financement complémentaire. La réponse à une demande de 1,5 million de dollars sur huit mois, soumise par l'UNESCO au gouvernement du Japon, est attendue pour la fin janvier.

Le plan d'action de l'UNESCO pour la région s'inscrit dans la durée : l'UNESCO offrira à la Corne de l'Afrique un soutien à moyen et à long terme pour l'aider à anticiper le prochain épisode de sévère sécheresse et à s'y préparer. L'Organisation prévoit également de renforcer les capacités institutionnelles et techniques de la région, avec l'appui du Centre régional de formation et de recherche sur les eaux souterraines du Kenya, qui fonctionne sous les auspices de l'UNESCO.

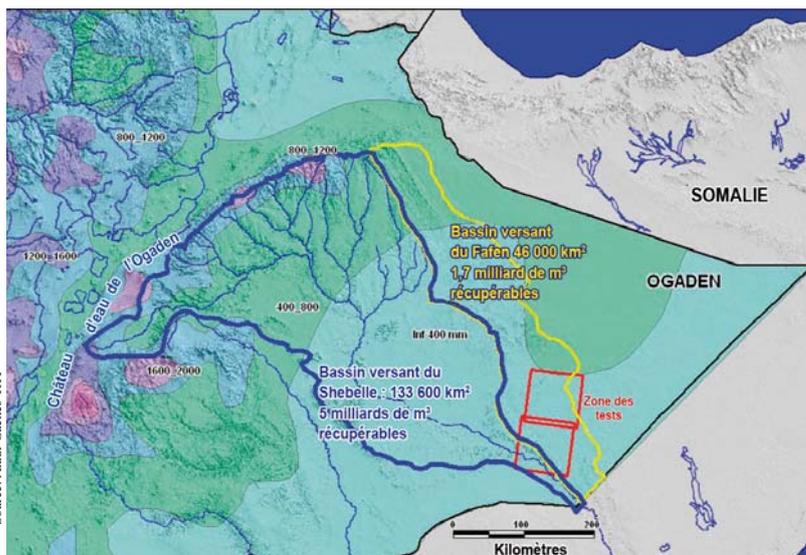
Ce plan d'action de l'UNESCO a été conçu dans l'esprit de la *Déclaration de Nairobi* adoptée le 9 septembre 2011 par les chefs d'États lors de leur sommet d'urgence sur la crise de la Corne de l'Afrique.

Pour en savoir plus (Nairobi) : a.amani@unesco.org ;
(Addis-Abeba) : a.makarigakis@unesco.org

Cette famille utilise une pompe manuelle pour tirer de l'eau d'un puits dans la haute vallée du Fafen, en Éthiopie.



© Alain Gachet RTI



Le château d'eau de l'Ogaden prend sa source dans les monts Ahmar au centre de l'Éthiopie. Le bassin versant du Fafen, qui sera cartographié en janvier, est figuré en rouge.

Un cadre mondial pour la **gouvernance des eaux souterraines**

L'UNESCO et ses partenaires se sont donné trois ans pour établir un **Cadre mondial d'action** en vue d'harmoniser, dans les agendas politiques nationaux, régionaux et internationaux, le traitement des grands problèmes de gouvernance des eaux souterraines.

Le projet a été initié, les 6 et 7 septembre, par le Programme international hydrologique de l'UNESCO lors de la réunion inaugurale du projet. Il sera mis en œuvre conjointement avec la FAO, l'Association internationale des hydrogéologues et la Banque mondiale, et financé par le Fonds pour l'environnement mondial, pour un montant de 1 750 000 dollars.

La première consultation régionale concernera l'Amérique latine et les Caraïbes ; elle aura lieu à Montevideo, en Uruguay, du 18 au 20 avril. La deuxième consultation aura lieu en mai, au Kenya, suivie en septembre d'une troisième en Jordanie pour la région des États arabes, et d'une quatrième en Chine pour la région Asie et Pacifique. Les Pays-Bas accueilleront au début de 2013 la dernière de ces consultations, qui concernera l'Europe et le secteur privé.

L'objectif de chacune de ces consultations est d'acquiescer auprès des experts locaux une connaissance de première main des questions d'eaux souterraines, de renforcer la sensibilisation et d'ouvrir la voie à un agenda mondial sur ces questions. L'objectif est également de mettre en place des partenariats entre les agences collaborant au projet, entre les parties prenantes intersectorielles, les décideurs et les spécialistes.

Les résultats de chaque consultation feront l'objet d'un rapport spécifique qui contribuera à la préparation du *Diagnostic global de gouvernance des eaux souterraines* pour aboutir, au final, au *Cadre mondial d'action*.

Les modalités de la consultation concernant l'Europe diffèrent légèrement de celles des autres car les pays de cette région ont prévu, en outre, une table ronde réunissant des représentants des industries pétrolière, géothermique, des eaux minérales et autres

boissons sans alcool (Danone, Nestlé, Coca Cola etc.). Cette table ronde étudiera les possibilités de collaboration avec le secteur privé pour définir les principaux messages, partager l'information et diffuser le Cadre mondial d'action.

Pour en savoir plus : a.aureli@unesco.org; c.abdalla-iskandar@unesco.org; (Montevideo): z.may@unesco.org.uy; www.unesco.org/water

Dix propositions pour la **sauvegarde de l'océan**

Quatre agences des Nations unies ont lancé, le 1^{er} novembre, un plan visant à améliorer la gestion de l'océan et des zones côtières. Il propose, entre autres, la création d'un marché mondial du carbone bleu.

Le Plan pour la durabilité de l'océan et des zones côtières sonne l'alarme à propos de l'état de santé de l'océan. Il a été élaboré par la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO, le PNUD, l'Organisation maritime internationale et la FAO dans la perspective de la Conférence des Nations unies sur le développement durable (Rio+20) qui se tiendra en juin de cette année.

Il présente toute une série de mesures concrètes en vue de :

- ✓ créer un marché mondial du carbone bleu afin de générer des gains économiques directs en protégeant les habitats marins,
- ✓ pallier les lacunes de la gouvernance en haute mer, en renforçant la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer,
- ✓ édifier des sociétés vertes dans les petits États insulaires en développement,
- ✓ promouvoir la recherche sur l'acidification de l'océan, sur la façon de s'y adapter et de la réduire,
- ✓ améliorer les capacités des institutions de surveillance scientifique de l'océan et des zones côtières,
- ✓ réformer et renforcer les organisations régionales de gestion de l'océan,
- ✓ promouvoir des pêcheries et une aquaculture responsables pour une économie verte,
- ✓ renforcer les législations relatives aux espèces marines envahissantes,
- ✓ « verdir » l'économie des aliments afin de réduire l'hypoxie de l'océan (la carence en oxygène) et de renforcer la sécurité alimentaire,
- ✓ améliorer la coordination, la cohérence et l'efficacité du système des Nations Unies face aux questions océaniques.

Le Plan souligne que 60 % des grands écosystèmes marins de la planète ont été dégradés ou sont surexploités, ce qui se traduit par d'énormes pertes socio-économiques. Au cours des 50 dernières années, les mangroves ont perdu de 30 à 50 % de leur superficie et les coraux près de 20 %.

L'océan absorbe près de 26 % des émissions du CO₂ atmosphérique. Sa saturation provoque une acidification qui est déjà néfaste pour certaines variétés de plancton et menace toute la chaîne alimentaire marine, ainsi que les activités socio-économiques qui en dépendent. De plus, les écosystèmes situés dans les profondeurs de l'océan – dont la biodiversité et les

Les nouveaux membres du Réseau mondial des géoparcs nationaux

- Le **Géoparc de Hong Kong** (Chine) met en vedette les espaces naturels de ce site industriel, notamment ses 150 km de côtes et sa topographie de collines entrecoupées de plaines. Malgré ses dimensions modestes (49,85 km²), le Géoparc peut s'enorgueillir de ses colonnes de roche volcanique acide et d'une histoire géologique laissant encore apparaître des environnements sédimentaires déposés lors du paléozoïque, il y a 520 à 250 millions d'années (Ma). Les processus côtiers ont abouti à des reliefs d'érosion et de dépôts, y compris fossiles.
- Le **Géoparc Tianzhu Shan** (Chine), dans la province d'Anhui, est un vaste paysage montagneux, parsemé de pics de granit, grottes, chutes d'eau et sources. Son riche patrimoine comprend des fossiles de mammifères et une ceinture d'éclogites, roche métamorphique particulièrement dense formée dans des conditions d'extrême pression, qui témoignent d'un mouvement de convection dans les profondeurs de la Terre. Le Géoparc comprend une écologie très riche et des éléments culturels intéressants pour la recherche scientifique, l'éducation et le tourisme.
- Le **Géoparc Villuercas Iboreas Jara** (Espagne) est constitué d'un massif montagneux isolé situé au sud-est de la province de Caceres, en Extramadour. Il tire son nom du sommet le plus élevé, le pic Villuercas (1 601 m). Il offre un magnifique panorama qui inclut le célèbre monastère de Guadalupe. Le Géoparc présente les plus vieilles roches d'Europe, datant d'entre 650 et 400 Ma. Le parc abrite également des oiseaux protégés, des couloirs de biodiversité et des arbres monumentaux. Il faut y ajouter des vestiges de culture minière et de menhirs ou monolithes décorés de peintures, datant des âges du bronze et du fer.
- Le **Géoparc Sierra Norte de Sevilla** (Espagne) est l'un des plus grands parcs naturels d'Andalousie (177 484 ha), situé dans l'alignement montagneux de la Sierra Morena, entre les zones géologiques d'Ossa-Morena et Sudportuguese. La plupart des roches datent du précambrien (4,5 milliards d'années à 540 Ma), puis du paléozoïque (540 Ma), du permien (290 Ma) et du trias inférieur (258 Ma). La région sud-est du parc fait exception avec des affleurements de roches sédimentaires plus jeunes (miocène, 20 Ma).
- Le **Géoparc des Bauges** (France) s'inscrit dans le Parc naturel régional du massif des Bauges, zone de moyenne montagne du nord-ouest des Alpes françaises. Vu de loin le parc fait penser à une forteresse rocheuse, un îlot de nature préservée émergeant d'un océan urbanisé. Le massif présente des falaises de calcaire résistant et de roches sédimentaires. De grandes lignes de failles tectoniques témoignent d'une forte activité de soulèvement du relief; alors que le paysage karstique est entrecoupé de défilés, grands ou petits, taillés dans le calcaire du crétacé, qui créent des zones humides, des lacs, des sources et des grottes.
- Le **Géoparc Burren et les falaises de Moher** (Irlande) situé sur la côte occidentale de l'Irlande, entre les villes de Limerick et Galway est un paysage de collines et plateaux calcaires, de falaises tombant à pic dans la mer et de cours d'eau qui plongent sous terre ou font résurgence dans un vaste réseau de grottes. La majeure partie du littoral est constituée des célèbres falaises de Moher qui s'élèvent à plus de 200 m. Le Burren abrite plus de 70% des plantes endémiques d'Irlande, y compris des combinaisons inattendues d'espèces arctiques, alpines et méditerranéennes, ainsi que des traces d'établissements humains s'étalant sur plus de 6 000 ans.
- Le **Géoparc Katla** (Islande) est lié au célèbre volcan Eyjafjallajökull dont l'éruption a immobilisé le trafic aérien européen en avril 2010. Les inondations de fonte des glaces, causées par des éruptions sous la glace, ont donné naissance dans les basses terres à des plaines d'épandage fluvioglacière. La région présente des caractéristiques utiles pour la datation géologique : fragments de roches piégés dans d'autres types de roches (xénolites fossilifères), pseudo-cratères et couches de cendres volcaniques (tephra) qui figent dans le temps les effets d'une ancienne éruption.
- Le **Géoparc des Alpes apuanes** (Italie) comprend le Parc régional des Alpes apuanes et ses zones montagneuses environnantes. S'étendant du nord-ouest de la Toscane, dans le centre de l'Italie, jusqu'à la limite nord du pays, il fait la transition entre les régions biogéographiques de l'Europe centrale et de l'Europe méditerranéenne. Le parc héberge de nombreuses espèces endémiques, ainsi que des formations rocheuses, minérales, fossiles et tectoniques. Le site est connu pour ses magnifiques marbres, ses gorges encaissées et ses grandes cavités karstiques.
- Le **Géoparc Muroto** (Japon), situé sur l'île de Shikoku, au sud-ouest du pays, est longtemps resté sous la mer. Ses grottes s'y sont formées avant d'être soulevées par des séismes intervenant tous les 100 ou 150 ans en provoquant des tsunamis sur la côte. Le Géoparc est un véritable laboratoire en plein air en zone de subduction, un lieu où une portion de la croûte terrestre coulisse sous une autre portion. Le mouvement des plaques tectoniques a provoqué une activité magmatique ayant produit des roches de type gabbro, grossières et foncées, qui constituent la péninsule de Muroto. Le cap Muroto se soulève d'un à deux mètres tous les mille ans, ce qui constitue une des surrections les plus rapides de la planète. Équipé des dernières applications de la science et de la technologie, le Géoparc constitue un lieu privilégié pour la prévision des risques géologiques et la protection contre leurs effets.

habitats ont souvent une grande valeur mais sont souvent encore méconnus – ne bénéficient pratiquement d'aucune protection.

La communauté internationale a promis de prendre en compte ces défis lors des sommets de Rio de Janeiro (1992) et de Johannesburg (2002). Mais les engagements pris restent souvent sans effet et les objectifs n'ont pas été atteints. C'est notamment le cas de la promesse de ramener d'ici 2015 les stocks de poissons à des niveaux permettant leur durabilité, et de la promesse de créer d'ici 2012 des réseaux de zones marines protégées. Très peu de pays ont adopté des lois en vue de réduire la pollution marine émanant de la Terre, ce qui a amené une augmentation du nombre de zones océaniques mortes par manque d'oxygène. Plus de 400 zones marines sont aujourd'hui considérées comme « biologiquement mortes ».

Les auteurs soulignent que la situation actuelle tient au manque de volonté et de pouvoir politique, à l'inadaptation des capacités institutionnelles, à l'insuffisance des données scientifiques et aux déséquilibres du marché. Ils concluent : « Verdir l'économie bleue doit se faire en s'appuyant sur la science et la technologie. Mais le succès dépendra de processus politiques pertinents et d'améliorations institutionnelles effectives. Il demandera aussi davantage d'engagement et de financement de la part de la communauté internationale ainsi que des nations et des industriels ».

Pour consulter le Plan (en anglais) : www.unesco.org/new/en/rio20

Neuf sites ajoutés au Réseau mondial des géoparcs



Au Centre d'information du Géoparc de Hong Kong (Chine)

Le Bureau du Réseau mondial des géoparcs nationaux a admis neuf nouveaux membres, répartis dans sept pays, lors de la 10^{ème} Conférence européenne des géoparcs organisée du 16 au 18 septembre dans le géoparc norvégien Gea Norwegica (voir tableau).

Créé en 2004 sous l'égide de l'UNESCO, le Réseau compte désormais 87 géoparcs situés dans 27 pays.

Pour obtenir le label géoparc, les sites doivent présenter un patrimoine géologique d'un intérêt scientifique et éducatif exceptionnel pour leur rareté ou leur beauté. Ils doivent également être dotés d'une solide structure de gestion, de limites clairement définies et d'une superficie suffisamment étendue pour permettre un développement économique durable s'appuyant notamment sur le tourisme.

Pour en savoir plus : m.patzak@unesco.org

Un forum appelle à **plus d'équité** dans la nouvelle ère de la science mondiale

Dans la déclaration adoptée le 19 novembre à Budapest (Hongrie), les participants au cinquième Forum mondial de la science ont appelé à une conduite plus responsable et éthique de la recherche, à un meilleur dialogue avec la société, à une plus grande collaboration internationale et à un effort pour renforcer les capacités en sciences.

La déclaration se fait l'écho des principales tendances apparues dans le *Rapport de l'UNESCO sur la science 2010*, qui a inspiré le thème du forum de cette année, à savoir le paysage changeant de la science. La déclaration signale par exemple que « la suprématie de l'ancienne triade formée par l'Amérique du Nord, l'Europe et le Japon dans la production mondiale du savoir a été sérieusement mise en question [...] par la montée en puissance des nouveaux centres de travaux scientifiques [...]. La diplomatie scientifique est devenue un instrument reconnu pour favoriser le partenariat entre nations grâce à la coopération scientifique ».

Un nouveau programme en matière de diplomatie scientifique a été annoncé à Budapest par l'American Association for the Advancement of Science et l'Académie des sciences pour le monde en développement. Elles publieront ensemble une revue intitulée *Science and Diplomacy* afin d'aider à décrypter certains grands problèmes en débat dans les forums internationaux, comme les négociations sur le climat.

La déclaration préconise la solidarité, en un temps de crise financière généralisée. « Il est de la responsabilité de ceux qui encouragent la science et les scientifiques de défendre la primauté des préoccupations morales et sociales plutôt que l'intérêt économique immédiat, au moment de choisir et de mettre en œuvre les projets de recherche industrielle. »

« Il est urgent d'élaborer des politiques scientifiques nouvelles et efficaces au plan national, régional et mondial afin de mieux coordonner et observer la recherche scientifique à l'échelle mondiale, d'harmoniser les systèmes de l'enseignement supérieur et de faciliter la coopération mondiale et régionale en matière de science sur la base d'une collaboration équitable ».

Devant la difficulté à obtenir des visas, qui entrave la mobilité des étudiants et des scientifiques, la déclaration affirme que « la libre coopération et les déplacements des scientifiques doivent être favorisés par l'élimination des excès de la bureaucratie et des faux règlements, et l'attribution de fonds pour soutenir la coopération internationale ».

La déclaration lance également un appel « à des actions complexes » pour renforcer le rôle des femmes dans la recherche et l'innovation et pour leur participation à l'élaboration des politiques scientifiques ».

Le forum était organisé par l'Académie hongroise des sciences, en partenariat avec l'UNESCO et le Conseil international pour la science. Il a attiré 700 participants de 108 pays.

Pour en savoir plus : www.unesco.org/science/psd

Partager le **savoir-faire** en matière d'enseignement scientifique en Asie

Le Laboratoire d'échanges en science, technologie et ingénierie (STEEL, sigle en anglais) a été inauguré le 7 septembre au Science Centre de Singapour, l'un des trois partenaires de cette initiative avec le Bureau régional de l'UNESCO pour les sciences en Asie et Pacifique, ainsi que National Instruments, une société étatsunienne, spécialisée dans les mesures et l'automatisation par ordinateurs.



Ces enseignants étudient le guide du matériel informatique myDAQ lors de l'inauguration du STEEL. Ce matériel initie les élèves à la théorie de l'électronique et leur permet de construire et de tester certains circuits élémentaires présents dans les téléphones portables, les systèmes de commande automobile, etc.

Le STEEL a un double objectif : fournir aux professeurs des collèges techniques et professionnels d'Asie du Sud-est un cours de perfectionnement sur les nouveautés en science et technologie, ainsi que des outils et des méthodes appropriés – avec avantages induits pour les élèves –, et en second lieu, former les cadres des ministères de l'éducation à la conception des programmes d'enseignement.

En parallèle, le STEEL collaborera avec les centres et musées scientifiques d'Asie du Sud-est ainsi qu'avec des sponsors privés afin de vulgariser la science, la technologie et l'ingénierie auprès de l'ensemble des communautés.

Plus de 40 professeurs venant d'Indonésie, de Thaïlande et de Timor-Leste ont rejoint les formateurs à Singapour pour la séance inaugurale de septembre. Le programme comprenait un séminaire sur la conception des programmes d'enseignement d'ingénierie et une visite à la Centrale de Senoko, en tant que préparation à une session sur les énergies renouvelables dans le cadre de l'atelier STEEL. Les participants ont également été formés à expérimenter les circuits à l'aide du matériel myDAQ fourni par National Instruments (*voir photo*).

En signant en juillet l'accord qui lie le Centre et l'UNESCO, le maître de conférences Lim Tu Meng, responsable du Science Centre de Singapour, a déclaré que son centre était « impatient de partager ses connaissances et son expertise en science, technologie et ingénierie avec la région et que le STEEL porterait un soin particulier à l'ingénierie des infrastructures et aux technologies durables ».

La seconde phase démarrera en juin par un atelier de familiarisation au STEEL pour les formateurs du Cambodge, de l'Indonésie, de la Malaisie, de Singapour, des Philippines, de Thaïlande, du Timor-Leste, du Laos et du Vietnam. Au cours de cette seconde phase, le STEEL inaugurera des procédés d'enseignement innovants et dégagera des thèmes de formation axés sur les questions émergentes et urgentes qui se posent aux membres de l'Association des nations du Sud-est asiatique.

Pour en savoir plus (à Djakarta) : m.nataka@unesco.org

Un ouvrage sur « la machine la plus complexe du monde »

Le 10 novembre, Gretchen Kalonji, Sous-directrice générale de l'UNESCO pour les sciences exactes et naturelles, et Rolf-Dieter Heuer, Directeur général de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), ont présenté, au siège de l'UNESCO, la nouvelle publication richement illustrée de l'éditeur autrichien Lammerhuber, sur le plus grand et le plus puissant accélérateur de particules jamais construit dans le monde, le Grand collisionneur de hadrons (LHC, voir photo).

Le LHC fonctionne dans un tunnel circulaire de 27 km de long situé à 100 m de profondeur sous la frontière franco-suisse, près de Genève. Inauguré par le CERN en 2008, il réunit actuellement 10 000 scientifiques et ingénieurs de plus de 100 pays.

Décrit comme « la machine la plus grande et la plus complexe jamais imaginée », le collisionneur est utilisé par les scientifiques du CERN pour créer les conditions qui existaient dans la première fraction de seconde après le Big Bang, en faisant entrer en collision frontale des protons, à grande vitesse, afin de donner naissance à des particules aussi bien connues qu'inconnues. « Nous établissons le lien entre le microcosme et les débuts de l'Univers » explique Rolf-Dieter Heuer, « et étudions les composants de la matière et la manière dont ils se comportent ».

Ces expériences permettront au CERN de vérifier de nombreuses théories sur la création de l'Univers et - espèrent-ils - d'élucider de nombreux mystères qui subsistent dans la physique moderne. Nous savons que la gravité agit sur la masse, par exemple, mais ne savons pas pourquoi les particules élémentaires ont la masse qui leur est propre. Le LHC devait répondre à cette question. Les scientifiques vont également explorer la mystérieuse matière noire de l'Univers : il semble que la matière visible ne compte que pour 4 % de ce qui doit exister. Il y a plus de 60 ans, l'astronome suisse Fritz Zwicky a démontré que l'attraction gravitationnelle du contenu visible d'une galaxie ne pouvait expliquer la vitesse de rotation de cette galaxie. Il devait y avoir la présence d'une masse invisible, qu'on a nommée la matière noire. On estime aujourd'hui que cette matière noire constitue environ 22 % de l'Univers, et l'énergie obscure 74 %. Mais de quoi est faite cette matière noire, nous ne saurions encore le dire.

Le LHC ne peut cependant déterminer la totalité des propriétés d'une particule. Les accélérateurs de protons comme le LHC sont certes plus puissants que les accélérateurs d'électrons mais ces derniers peuvent atteindre une plus grande précision dans l'identification de certaines propriétés des particules.

Le CERN a fait sensation le 23 septembre 2011, lorsque des scientifiques ont présenté les résultats d'une expérience appelée OPERA qui, s'ils étaient corroborés par des expériences complémentaires, pourraient mettre en question la thèse d'Albert Einstein sur la théorie spéciale de la relativité selon laquelle rien, dans le cosmos connu, ne peut dépasser la vitesse de la lumière : 299 792,458 km/seconde.

Le LHC avait produit des protons de très haute énergie qui avaient donné lieu à un faisceau de neutrinos. Le neutrino est une particule si fine qu'aucune barrière ne l'arrête : il peut traverser toutes sortes de matières, même la roche, comme s'il volait dans l'air.

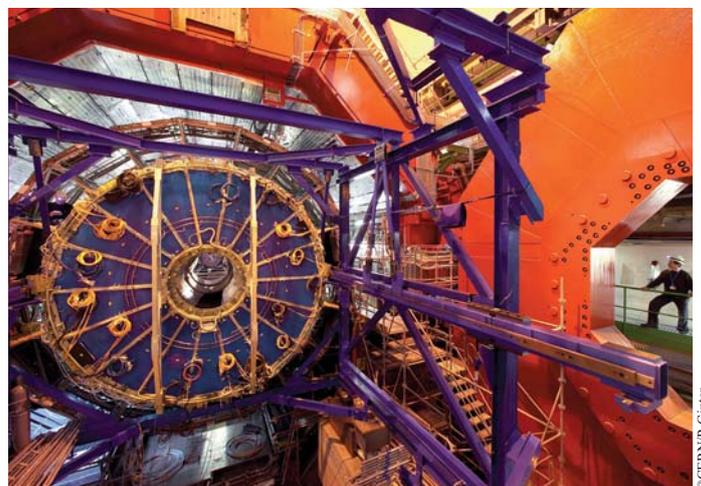
L'expérience OPERA a démontré que ce faisceau de neutrinos était parvenu depuis le CERN, en Suisse, à travers le sol et la roche à une profondeur de 11 km, jusqu'au laboratoire du Gran Sasso en Italie centrale, à 730 km de là, à une vitesse légèrement supérieure à celle de la lumière ! La durée du vol des neutrinos a été calculée avec une précision de moins de 10 nanosecondes à l'aide d'instruments sophistiqués, parmi lesquels des systèmes perfectionnés de géo-positionnement et d'horloges atomiques.

Ce résultat est tombé comme une surprise totale. Le Directeur de recherches du CERN, Sergio Bertolucci, a observé que, « si cette mesure était confirmée, cela pourrait modifier notre interprétation des lois de la physique, mais nous devons d'abord nous assurer qu'il n'y a pas d'autres explications plus terre-à-terre. Cela exigera des mesures indépendantes ».

Le CERN et l'UNESCO ont une longue tradition de collaboration et des liens remontant à la création du CERN en 1954 sous l'égide de l'UNESCO, à la suite d'une série de réunions parrainées par cette dernière. « Il est tout à fait approprié et symbolique que la coopération de nos deux organisations s'opère au titre du Programme international de l'UNESCO relatif aux sciences fondamentales (PISF) » remarque Maciej Nalecz, qui dirige ce programme. « En effet, le PISF est présidé par un ancien directeur général du CERN, Herwig Schopper. L'UNESCO et le CERN ont harmonisé leur partenariat de façon à poursuivre leurs objectifs communs de promotion de la coopération scientifique, d'amélioration de l'enseignement de la science et de facilitation de l'accès au savoir scientifique afin de créer un monde plus juste ».

Pour commander l'ouvrage sur le LHC, voir page 24.

Pour en savoir plus : www.cern.ch; www.youtube.com/cerntv; s.bahri@unesco.org; m.nalecz@unesco.org



Wangari Muta Maathai

Hommage à une militante verte

La Professeure Wangari Maathai a eu, le 25 septembre, des funérailles nationales après avoir perdu, à l'âge de 71 ans, son combat contre le cancer. Cette grande figure de la lutte pour la protection de l'environnement et pour la démocratie avait fondé en 1977 le Mouvement de la ceinture verte, qui visait, par la plantation d'arbres, à donner du pouvoir aux femmes des régions rurales et à sensibiliser le public à l'environnement. Selon les estimations, le mouvement aurait à ce jour planté jusqu'à 45 millions d'arbres au Kenya.

Wangari Maathai avait été l'un des orateurs principaux à la Conférence internationale sur la biodiversité – science et gouvernance, réunie à l'UNESCO en 2005. Nous rendons hommage à cette femme extraordinaire en reproduisant ci-dessous un extrait de l'interview qu'elle avait donnée au *Courrier de l'UNESCO* en décembre 1999, avant de devenir en 2004 la première Africaine à recevoir le prix Nobel de la paix.



Il est impossible, à vos yeux, d'améliorer la qualité de l'environnement tant que les conditions de vie de la population n'auront pas elles-mêmes été améliorées. Pourquoi ?

Si nous voulons sauvegarder la nature, commençons par protéger les êtres humains : ils font partie de la biodiversité. Si nous ne pouvons pas préserver notre propre espèce, à quoi rime de sauver les espèces d'arbres ? On a parfois l'impression que les pauvres détruisent la nature. Mais ils sont si préoccupés par leur survie qu'ils ne peuvent pas s'inquiéter des dégâts durables qu'ils infligent à l'environnement. [...]

Ainsi, dans certaines régions du Kenya, les femmes font des kilomètres à pied pour aller chercher du bois de chauffe en forêt : près de chez elles, il n'y a plus d'arbres; elles doivent aller toujours plus loin pour en trouver. Comme le bois est rare, les repas cuits sont moins nombreux, l'alimentation en pâtit, la faim gagne du terrain. Si ces femmes étaient moins pauvres, elles n'iraient pas dégrader une précieuse forêt.

Quels sont les enjeux actuels pour les forêts du Kenya et d'Afrique orientale ?

Depuis le début du [XX^{ème}] siècle, la tendance est claire : on abat des forêts primaires et on replante des espèces exotiques commercialisables. Nous en mesurons mieux les conséquences aujourd'hui. Nous avons compris qu'il ne fallait pas abattre les forêts locales, afin de préserver notre riche biodiversité. Mais déjà, les dégâts sont importants. En 1977, quand notre Mouvement de la ceinture verte a commencé sa campagne de plantation d'arbres, le couvert forestier du Kenya était d'environ 2,9%. Aujourd'hui, il est de 2%. Nous perdons plus d'arbres que nous n'en plantons.

Autre gros problème : l'environnement de l'Afrique orientale est très vulnérable. Nous sommes proches du Sahara et, selon les experts, le désert pourrait s'étendre vers le sud comme un fleuve en crue, si nous continuons à abattre des arbres

sans discernement : ce sont eux qui empêchent l'érosion des sols par la pluie et le vent. En défrichant les bouts de forêt qui nous restent, nous créons en fait quantité de micro-Sahara. Nous en voyons déjà des preuves.

Notre mouvement organise des séminaires d'éducation pour les ruraux, en particulier les cultivateurs, dans le cadre de campagnes de sensibilisation sur les questions d'environnement. Si l'on demande à 100 agriculteurs combien parmi eux se souviennent d'une source ou d'un cours d'eau qui s'est tari de leur vivant, près de 30 lèvent la main.

Dans quelle mesure le Mouvement de la ceinture verte a-t-il empêché la dégradation de l'environnement au Kenya ?

Son plus grand succès, à mes yeux, a été d'éveiller les citoyens ordinaires, en particulier les ruraux, aux problèmes écologiques. Les gens ont compris que l'environnement est l'affaire de tous et pas seulement du gouvernement. C'est en partie grâce à cette prise de conscience que nous avons désormais l'oreille des responsables politiques : les citoyens les mettent au défi de protéger la nature.

Notre mouvement a aussi promu l'idée de préserver l'environnement par les arbres, qui satisfont beaucoup de besoins essentiels dans les communautés rurales. À nos débuts, en 1977, nous avons planté sept arbres dans un petit parc de Nairobi. À cette époque, nous n'avions ni pépinières, ni équipes, ni argent mais une conviction : les gens ordinaires des campagnes ont leur rôle à jouer pour résoudre les problèmes écologiques. Aujourd'hui, nous avons planté plus de 20 millions d'arbres dans tout le Kenya. Cet acte est porteur d'un message simple : tout citoyen peut au moins planter un arbre pour améliorer son cadre de vie. Chacun réalise ainsi qu'il peut prendre en charge son environnement, premier pas vers une participation plus active au sein de la société. Comme les arbres que nous avons plantés sont bien visibles, ils sont les meilleurs ambassadeurs de notre mouvement.

Malgré le sommet de la Terre de Rio en 1992 et le protocole de Kyoto sur le climat signé en 1997, les programmes et les campagnes de protection de l'environnement au niveau mondial n'avancent pratiquement pas. Pourquoi?

Pour beaucoup de dirigeants de la planète, le développement continue malheureusement de signifier culture extensive de denrées agricoles exportables, barrages hydroélectriques ruineux, hôtels, supermarchés et produits de luxe, qui contribuent au pillage des ressources naturelles. C'est une politique à courte vue qui ne répond pas aux besoins essentiels des gens : une alimentation suffisante, de l'eau potable, un toit, des hôpitaux de proximité, de l'information et la liberté. Cette frénésie de prétendu « développement » a relégué la protection de l'environnement à l'arrière plan. Le problème, c'est que ceux qui portent une lourde responsabilité dans la destruction de l'environnement sont précisément ceux qui devraient soutenir des campagnes écologiques. Ils ne le font pas. Les détenteurs du pouvoir politique font des affaires et entretiennent des liens étroits avec les multinationales. Et celles-ci n'ont d'autre but que de gagner de l'argent aux dépens de l'environnement et de la population.

Nous savons que les multinationales persuadent de nombreux dirigeants politiques de ne pas prendre au sérieux les conférences internationales sur l'environnement. Je suis convaincue que nous devons refuser, en tant que citoyens, d'être à la merci de ces sociétés. Elles peuvent être absolument impitoyables : elles sont sans visage humain.

Vous avez d'abord été universitaire, puis écologiste. Aujourd'hui, vous vous définissez comme une militante en faveur de la démocratie. Comment analysez-vous cette évolution?

Rares sont aujourd'hui les écologistes qui se soucient exclusivement du bien-être des abeilles, des arbres et des papillons. Ils savent qu'il est impossible de préserver l'environnement si le gouvernement ne contrôle pas les industries polluantes et le déboisement. Au Kenya, des promoteurs immobiliers ont été autorisés à construire de coûteuses résidences au cœur des forêts primaires. Il est de notre devoir, en tant qu'individus responsables, de nous y opposer. Mais dès qu'on intervient dans ce type d'affaires, on se trouve en conflit direct avec des responsables politiques et on se fait traiter d'agitateur.

Dans les années 1970, j'ai d'abord enseigné à l'Université de Nairobi. J'ai alors eu le sentiment que les droits des enseignantes au sein de l'université n'étaient pas respectés parce qu'elles étaient des femmes. J'ai donc milité pour revendiquer ces droits. Parallèlement, je me suis trouvée confrontée à d'autres problèmes comme les droits de l'homme, qui étaient étroitement liés à mon travail mais qui n'étaient pas clairs pour moi, au début. Cela m'a conduit à aborder les questions de gouvernance.

J'ai compris, au cours de ces années 1970, que, dans une jeune démocratie comme la nôtre, il était très facile pour des gouvernants de devenir dictateurs, puis d'utiliser les ressources nationales comme leur propriété privée : la Constitution leur donnait le pouvoir de faire mauvais usage de l'appareil d'Etat. Je me suis donc engagée dans le mouvement pour la démocratie. J'ai réclamé des réformes constitutionnelles

et un espace politique pour assurer les libertés de pensée et d'expression. Nous ne pouvons pas vivre sous un régime qui tue la créativité et encourage la lâcheté.

Avec vos diplômes, vous auriez pu vivre confortablement en Occident. Vous avez préféré regagner le Kenya. Or, pendant 25 ans, on vous a abreuvée d'injures, menacée, battue, jetée en prison et interdite à plusieurs reprises de quitter le territoire. Avez-vous jamais regretté d'être rentrée au pays et d'y militer?

Devenir militante n'a pas été une décision délibérée. Mais je n'ai jamais regretté d'être restée ici, pour contribuer au développement de mon pays et de ma région. Je sais que j'ai fait un petit quelque chose. De nombreuses personnes viennent me voir et me disent que mon travail les a inspirées. Cela me réjouit parce qu'au début, en particulier pendant la dictature, il était difficile de parler.

Il y a encore quelques années, des passants m'approchaient dans la rue et chuchotaient : « Je suis avec vous, je prie pour vous. » Ils avaient peur de me parler et d'être vus avec moi car ils risquaient d'être sanctionnés. J'ai eu plus d'impact en subissant des procès et autres tribulations que si j'étais partie à l'étranger, si j'avais dit, en vivant en Occident : « Mon pays devrait faire ceci ou cela. » Sur place, j'encourage beaucoup plus de gens.

Avez-vous été en butte à tant d'attaques virulentes et d'exactions parce que vous contestiez des décisions prises par des hommes?

Nos hommes pensent que les Africaines doivent être dépendantes et soumises – et surtout pas meilleures que leur mari. Au début, beaucoup de gens étaient effectivement contre moi parce que je suis une femme : ils ne supportaient pas que j'aie des opinions tranchées. Je sais qu'à certains moments, des hommes haut placés, dont le président Daniel Arap Moi [Ndlr : de 1978 à 2002], m'ont tournée en dérision. Un jour, des parlementaires railleurs m'ont reproché d'être divorcée. Au fond d'eux-mêmes, ils espéraient qu'en mettant en cause ma féminité, ils allaient me faire taire. Ils ont compris plus tard qu'ils s'étaient trompés.

En 1989 par exemple, nous avons eu un grave affrontement avec les autorités : nous nous sommes battus pour sauver le parc Uhuru de Nairobi. Je soutenais qu'il était absurde de supprimer ce parc magnifique, en plein centre-ville, pour construire des immeubles. C'était le seul endroit de Nairobi où les citadins pouvaient passer un moment en plein air avec leur famille [...]. Quand j'ai lancé la campagne contre la construction du « monstre du parc », surnom du projet immobilier, on m'a ridiculisée, on m'a accusée de ne rien comprendre au développement. Je n'ai pas étudié cette discipline mais je sais que, dans une ville, on a besoin d'espace. Heureusement, d'autres ONG et des milliers de citoyens se sont joints à nous et le parc a finalement été sauvé. Le gouvernement qui voulait le détruire l'a depuis déclaré patrimoine national. [...]

Propos recueillis par Ethirajan Anbarasan

Lire l'entretien intégral dans le Courrier de l'UNESCO : <http://unesdoc.unesco.org/images/0011/001182/118279f.pdf>

Comment se portent les sciences de la Terre en Afrique ?

La crise de l'enseignement des géosciences en Afrique a été soulignée en 2008 dans cette revue, lors de l'Année internationale de la planète Terre. Les auteurs⁸ y signalaient le paradoxe selon lequel les pays africains se montraient de plus en plus impatients d'exploiter leurs abondantes géo-ressources en tant que moteur de leur développement socioéconomique, alors même que leurs systèmes éducatifs n'étaient pas en mesure de relever le défi. Ils attirèrent l'attention sur « les inégalités flagrantes apparaiss[ant] sur l'ensemble du continent en matière de capacités d'enseignement et de moyens de recherche ».

Les gouvernements africains ont dès lors invité l'UNESCO à lancer, en 2008, l'Initiative de l'enseignement des sciences de la Terre en Afrique. Comme point du départ du projet, l'UNESCO a entrepris une série d'ateliers régionaux de cadrage à travers toute l'Afrique afin d'évaluer les capacités et les besoins en enseignement, recherche et exploitation des géosciences, et afin de préciser le rôle qui reviendrait à l'UNESCO et à ses partenaires.⁹

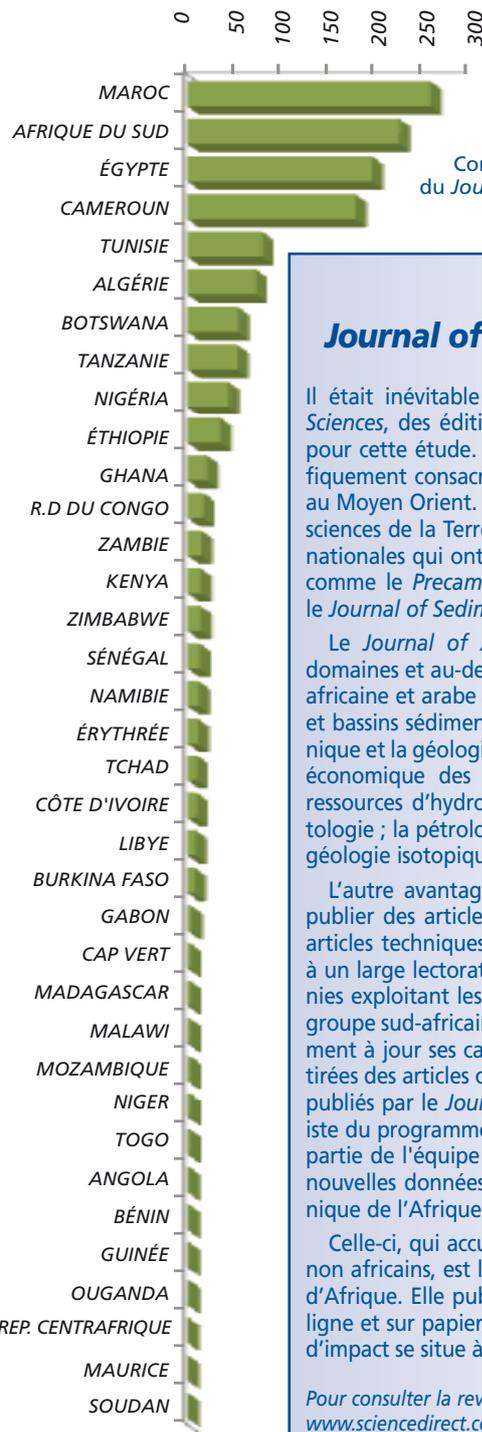
En complément de cette évaluation préliminaire, l'UNESCO a commandé une étude sur les tendances bibliométriques des scientifiques africains entre 2000 et 2010. L'étude, qui vient d'être publiée, avait pris pour référence *Le Journal of African Earth Sciences*. Ses résultats sont édifiants. Ils confirment une grande disparité entre les pays dans les géosciences, la plupart des articles provenant d'à peine 10 pays africains. Cela donne à penser que l'Initiative de l'enseignement des sciences de la Terre ferait bien de concentrer ses efforts sur le renforcement de l'enseignement et de la recherche géologiques ainsi que de la collaboration dans les pays qui publient peu actuellement.

Des étudiants échantillonnent des carbonates en République centrafricaine. La direction du champ magnétique de la Terre s'est inversée plusieurs fois au cours des temps géologiques (le paléogéomagnétisme), s'orientant vers le nord, puis vers le sud et vice versa. Les roches qui forment la surface de la Terre en portent le témoignage. Il est possible, en étudiant les roches d'âges différents, de reconstituer ces renversements successifs et de remonter l'histoire de la dérive des continents (le mouvement des plaques tectoniques). Le noyau de fer en fusion de la Terre serait à l'origine de ce champ magnétique. Le champ magnétique s'oriente vers le nord aujourd'hui, mais les géophysiciens ont décelé des signes indiquant que d'ici quelques milliers d'années, les pôles magnétiques de la Terre pourraient de nouveau échanger leurs positions.

Les ateliers de cadrage organisés en 2009 et 2010 ont mis en lumière certains problèmes communs à l'ensemble de l'Afrique. Les participants ont observé, par exemple, que les sciences de la Terre n'étaient actuellement enseignées qu'au niveau de l'université et ont recommandé qu'elles soient incluses dans les programmes élémentaires et secondaires. Dans l'enseignement supérieur, le principal souci est de réussir à attirer un plus grand nombre d'étudiants – et surtout les plus brillants – vers ce domaine jugé moins prestigieux que la biologie, la géographie ou la physique qui, eux, figurent à tous les niveaux de l'enseignement. Même en Afrique du Nord, où existent des facultés de géologie bien organisées et des Bureaux de recherches géologiques, les inscriptions en sciences de la Terre sont en baisse.

Les participants ont déploré l'insuffisance de laboratoires d'analyse dans tous les pays à l'exception notable de l'Afrique du Sud et ont souhaité une meilleure intégration entre l'université et l'industrie afin de palier ces faiblesses. Les géo-scientifiques africains sont isolés, ont-ils remarqué. « Il manque non seulement des liens étroits avec la communauté internationale des chercheurs » signalait le rapport de l'UNESCO sur les ateliers, « mais même les interactions à travers le continent, à l'intérieur des régions et au sein d'un même pays sont faibles, voire inexistantes, comme c'est le cas en République démocratique du Congo ».

Le rapport pointe, par ailleurs, des différences frappantes sur le continent, à commencer par l'environnement géologique.



Pourquoi le Journal of African Earth Sciences ?

Il était inévitable de choisir le *Journal of African Earth Sciences*, des éditions Elsevier, comme revue de référence pour cette étude. En premier lieu, ce périodique est spécifiquement consacré aux sciences de la Terre en Afrique et au Moyen Orient. En outre, il couvre tous les domaines des sciences de la Terre, à la différence des autres revues internationales qui ont tendance à en occuper une seule niche, comme le *Precambrian Research*, le *Journal of Petrology*, le *Journal of Sedimentology* ou le *Journal of Volcanology*.

Le *Journal of African Earth Sciences* couvre tous ces domaines et au-delà, comme la géodynamique des plaques africaine et arabe ainsi que leurs ceintures mobiles, cratons et bassins sédimentaires ; l'évolution de la croûte, la tectonique et la géologie structurale de cette région ; la géologie économique des principaux gisements minéraux et des ressources d'hydrocarbures ; la stratigraphie et la paléontologie ; la pétrologie et la minéralogie ; la géochimie et la géologie isotopique de l'Afrique et du Moyen Orient.

L'autre avantage de la politique de cette revue est de publier des articles de géologie appliquée plutôt que des articles techniques très spécialisés ; ce choix semble plaire à un large lectorat. La revue est appréciée par les compagnies exploitant les minéraux et le pétrole, par exemple. Le groupe sud-africain de diamantaires De Beers met constamment à jour ses cartes géologiques grâce aux informations tirées des articles concernant l'Afrique, dont la plupart sont publiés par le *Journal of African Earth Sciences*. Le spécialiste du programme à l'UNESCO, Sadrak Felix Toteu, qui fait partie de l'équipe de rédaction, signale que la plupart des nouvelles données qui ont permis d'affiner la Carte tectonique de l'Afrique* venaient de cette revue.

Celle-ci, qui accueille aussi bien des auteurs africains que non africains, est l'organe officiel de la Société géologique d'Afrique. Elle publie actuellement 15 numéros par an, en ligne et sur papier. Son classement est élevé, et son facteur d'impact se situe à 1,186 en 2011 et à 2,063 sur les cinq ans.

Pour consulter la revue : www.sciencedirect.com/science/journal/08995362

* voir *Planète science*, juillet 2011

En matière de différences culturelles, « le problème des langues, qui apparaît comme un facteur de division plutôt que d'union, devrait être réglé dans l'intérêt de la coopération panafricaine. Citant un exemple des extrêmes inégalités culturelles constatés dans la région, le rapport déclare : « alors que la plupart des ateliers étaient suivis par une majorité d'hommes et d'universitaires, à l'atelier de Luanda en Angola, les participants étaient au moins pour moitié des femmes, venaient du monde de l'industrie et ne parlaient qu'une seule langue, le portugais ».

Cela ne les a pas empêchés d'exprimer « un profond désir de collaborer avec leurs collègues au plan régional et de voir se créer des centres spécialisés régionaux d'excellence avec le soutien du gouvernement et des industriels ».

Les rapports d'ateliers ont tous conclu qu'il était urgent de renforcer les réseaux sur le continent. L'UNESCO a pris bonne note de cette recommandation : elle travaille à établir un Réseau africain d'institutions en sciences de la Terre.

L'UNESCO lance actuellement deux autres projets pour donner suite aux ateliers. Cette année, elle travaillera avec le gouvernement de Djibouti sur un projet expérimental visant à introduire des cours de géologie dans les écoles, ainsi que sur son extension aux autres pays qui seraient intéressés. Une troisième activité cible les jeunes professionnels en sciences de la Terre. L'UNESCO élabore en ce moment un cours itinérant de formation en cartographie géologique de terrain, qui confirme l'importance du rôle de cette activité dans tout enseignement pratique des sciences de la Terre, et peut aider ces pays à identifier et mieux gérer leurs ressources minérales.

Un taux d'auteurs africains relativement faible

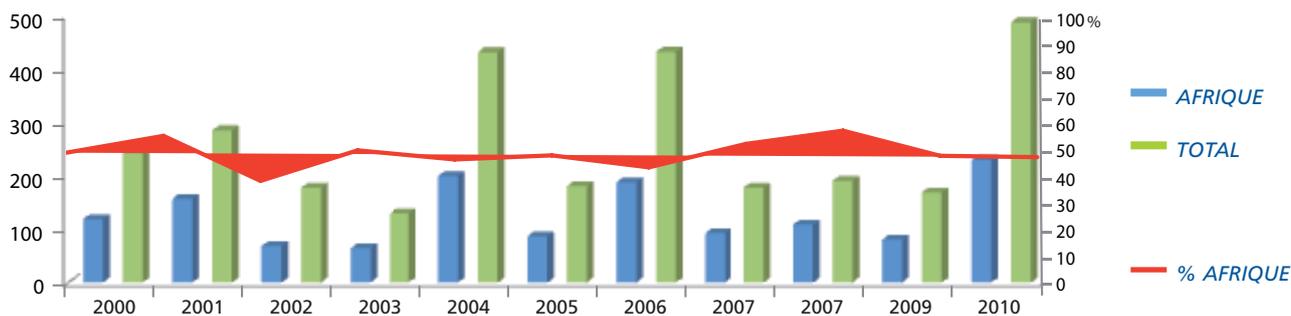
L'étude bibliométrique commandée par l'UNESCO en 2011 a révélé qu'au total 1 387 auteurs de 36 pays africains avaient publié des articles dans le *Journal of African Earth Sciences* entre 2000 et 2010. Sur ce nombre, 1 200 (soit 86,5 % des auteurs africains) venaient d'à peine dix pays (*voir figure*). Les géoscientifiques des quatre premiers pays (Maroc, Afrique du Sud, Égypte, Cameroun) avaient fourni plus de 62 % du total, bien que la contribution de la Tunisie ait marqué une nette augmentation vers 2010.

L'ordre des pays était légèrement différent s'agissant de la couverture géographique des recherches. Pour ce critère, l'Égypte venait en premier, suivie du Maroc, de l'Afrique du Sud, du Cameroun, de l'Éthiopie, de la Tanzanie, de l'Algérie, de la Tunisie, du Nigeria et du Kenya. Plus d'un tiers des articles concernant des recherches traitaient de sites d'Afrique du Nord.

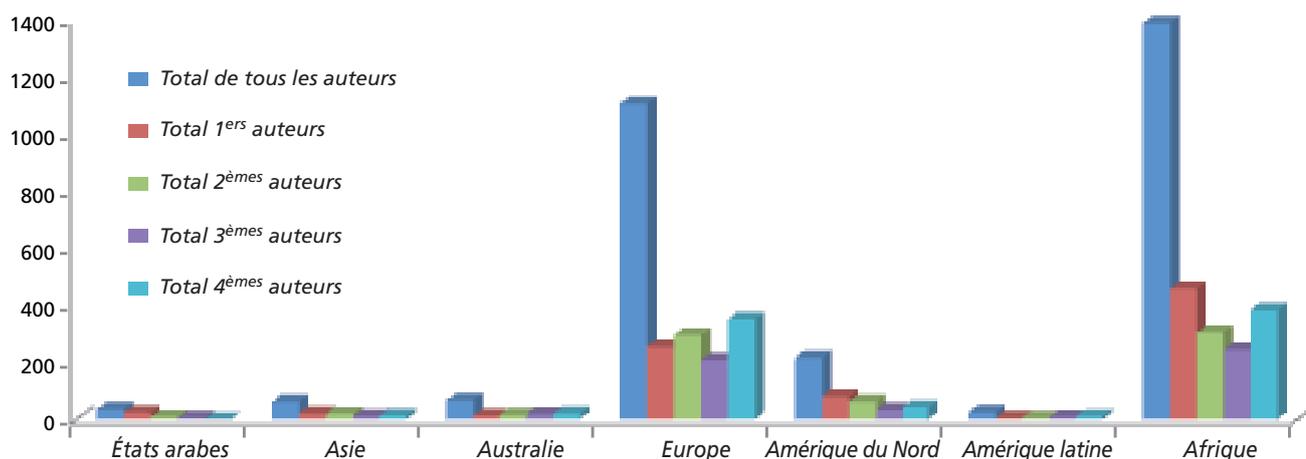
Il s'est produit de légères fluctuations dans son volume, mais dans l'ensemble la contribution des Africains au *Journal of African Earth Sciences* est restée plus ou moins constante entre 2000 et 2010. Dans l'optique de cette étude, tous les auteurs attachés à une institution africaine ont été considérés comme des contributeurs africains. Compte tenu des auteurs qui ont publié plus d'un article dans la revue,

2 894 auteurs ont été répertoriés pour la période de l'étude. Sur ce nombre, 48 % (soit 1 387 auteurs) étaient prioritairement attachés à des institutions africaines. On aurait pu s'attendre à une proportion plus élevée, s'agissant d'une revue entièrement consacrée aux sciences de la Terre en Afrique (*voir figure*).

Les auteurs appartenant à des institutions européennes composaient le second groupe par ordre d'importance, soit environ 38 %. Les auteurs d'Amérique du Nord représentaient, quant à eux, 7,5 % du total, alors que l'ensemble des



Évolution annuelle de la contribution des Africains au Journal of African Earth Sciences (2000–2010)



Nombre total des auteurs du Journal of African Earth Sciences (2000-2010), selon leur continent d'origine

auteurs d'Australie, d'Asie, des États arabes et d'Amérique latine constituaient les 6,5 % restants, en ordre décroissant de volume (voir figure).

L'étude a montré que les articles avaient été rédigés par un maximum de huit auteurs, à de rares exceptions près. Environ 77 % des articles comptaient quatre auteurs ou moins. Il est intéressant de noter que le nombre d'articles signés par plusieurs auteurs a légèrement augmenté au cours de la période de l'étude, au détriment des articles signés par un seul. Cela indiquerait soit une montée de la recherche en collaboration, soit la préférence de la revue pour ce type de recherches, soit encore les deux hypothèses. Cela dit, quelque 99 % des articles à auteurs multiples émanaient d'institutions africaines d'un même pays, notamment d'Afrique du Sud, d'Égypte, du Maroc et du Cameroun. Il se dégagait également de l'étude une nette tendance à la collaboration bi-continentale, comme entre l'Afrique et l'Europe ou l'Afrique et l'Amérique du Nord.

La contribution des femmes à la revue a été minime. Sur ce point, l'étude n'a considéré que les premiers auteurs, en raison de la difficulté de distinguer le sexe des auteurs dont seuls les noms de famille et les initiales étaient indiqués. Du fait que seuls les auteurs bien connus (les premiers auteurs) pouvaient être identifiés par recoupement avec d'autres sources, comme les pages web, il a été décidé de limiter à ce groupe la distinction entre les sexes. À peine 8 % des premiers auteurs (68 sur 853) se sont avérés être des femmes, tous continents confondus. Parmi elles, seules 35 (environ 4 %) étaient des Africaines.

L'étude bibliométrique confirme que dans la plupart des pays africains il est tout à fait nécessaire de renforcer l'enseignement en sciences de la Terre et d'y encourager la recherche. L'isolement des scientifiques africains doit également être rompu grâce à une coopération renforcée entre institutions et chercheurs africains. Qu'il s'agisse d'enseignement ou de recherche, la mise en réseau des institutions doit être une priorité pour l'Initiative d'enseignement des sciences de la Terre.

Sarah Gaines¹⁰, Asfawossen Asrat¹¹
et Sadrak Felix Toteu¹²

Pour lire le rapport complet :

<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002148/214888e.pdf>

Pour en savoir plus (Nairobi) : sf.toteu@unesco.org; (Paris) : s.gaines@unesco.org

8. *Quel avenir pour l'enseignement des géosciences en Afrique ?*
Voir Planète Science, avril 2008

9. *Les principaux partenaires de cette initiative sont la Société géologique d'Afrique, le Centre international pour la formation et les échanges en géosciences (CIFEG), l'Association des femmes africaines en géosciences, le Musée royal d'Afrique centrale et l'Union internationale des sciences géologiques.*

10. *Spécialiste en sciences de la Terre au siège de l'UNESCO, à Paris*

11. *Professeur associé, Département des sciences de la Terre, Université d'Addis-Abeba, Éthiopie : asrata@geol.aau.edu.et*

12. *Spécialiste en sciences de la Terre au Bureau régional de l'UNESCO pour la science en Afrique, à Nairobi*

Chiffrer l'économie de la conservation

La réserve de biosphère de la Serra do Espinhaço, qui couvre trois millions d'hectares au coeur de l'État de Minas Gerais, abrite une population de 3,4 millions d'habitants. Dominée par une grande partie de la plus vaste chaîne de montagnes du Brésil, la Serra do Espinhaço qui culmine à 2 000 m, elle possède non pas un seul mais trois points chauds de la biodiversité : la Caatinga, le Cerrado et la Mâta Atlântica.

Il se trouve que cette réserve de biosphère est également celle où l'extraction minière est la plus intense au monde. Le dédommagement que les municipalités reçoivent de la part des sociétés minières reste leur principale source de revenus, mais une taxe écologique, imposée depuis près de 20 ans, offre aux municipalités une source d'investissement attrayante. Au vu du boom minier que connaît l'État de Minas Gerais depuis une dizaine d'années, nous examinons le potentiel de ces deux mécanismes de financement dans l'optique du développement durable de la réserve de biosphère.

Plus de 300 ans avant que la Serra do Espinhaço ne devienne une réserve de biosphère, en 2005, les colons portugais découvrirent en 1693 d'immenses gisements miniers dans une région qu'ils devaient par la suite appeler Minas Gerais (littéralement Mines générales), comprenant de la bauxite, de l'or, du gneiss, du granite, du minerai de fer, du calcaire, du quartz et de l'argent.

Depuis la fin du 17^{ème} siècle jusqu'au 19^{ème} siècle, la Serra do Espinhaço servit de principale voie de passage pour les voyageurs arrivant, dans un premier temps, de São Paulo par le Camino Velho (l'Ancien itinéraire) et, par la suite, de Rio de Janeiro par le Camino Novo (Nouvel itinéraire), également appelé Estrada Real (Itinéraire royal). La Ville historique d'Ouro Preto (voir photo et, page suivante, n° 36 des municipalités sur la carte), le Santuario Bom Jesus de Congonhas et le Centre historique de la Vila de Diamantina témoignent de cette intense période de peuplement. Ce sont aujourd'hui autant de sites du Patrimoine mondial remarquables pour leur art et leur architecture baroques.

Population restreinte et grande industrie minière

La plupart des municipalités de la Serra do Espinhaço comptent une population relativement restreinte. Plus de la moitié (29) des 53 municipalités ont moins de 10 000 habitants, 17 moins de 50 000 et six 150 000 environ. Les deux-tiers de la population (2,3 millions) habitent la capitale de l'État fédéré, Belo Horizonte (n° 4 sur la carte).

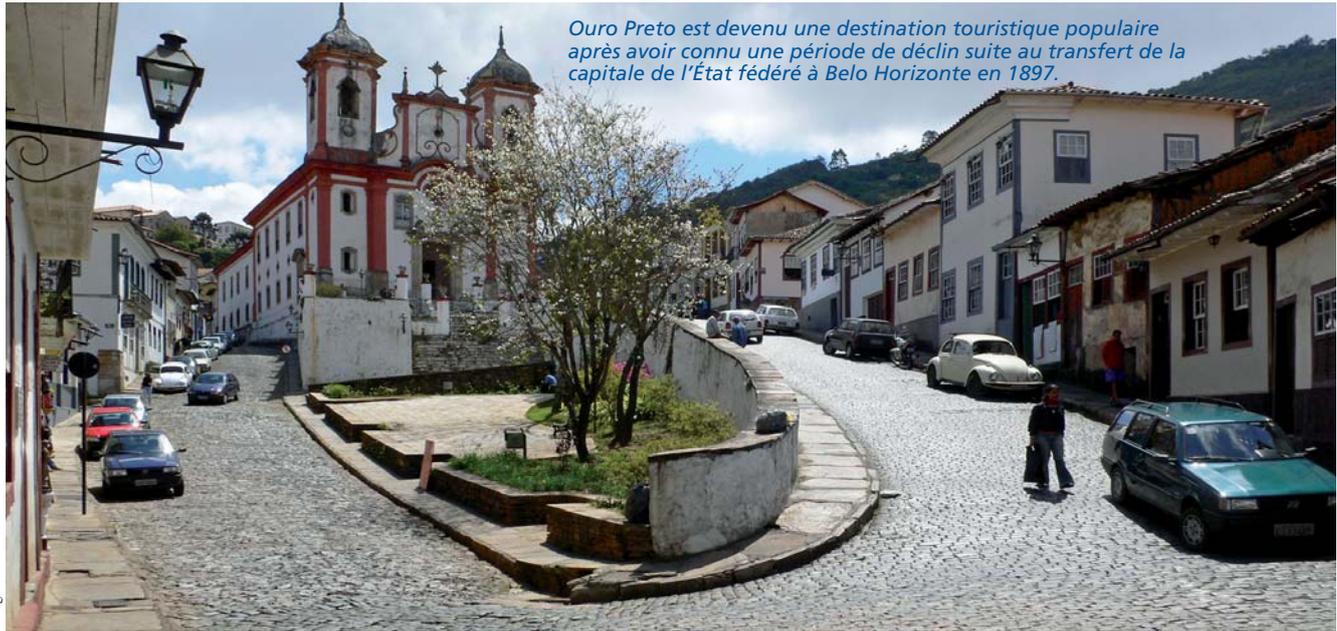
L'exploitation minière est la principale activité économique du Minas Gerais, mais cet État pratique également l'élevage extensif, l'agriculture de subsistance et la cueillette. Dans les zones tampon, l'agriculture, l'artisanat, le tourisme et la prospection de la biodiversité ont bénéficié de la création de la réserve de biosphère de la Serra do Espinhaço.

Selon l'Instituto Brasileiro de Mineração, l'exploitation minière a transformé le profil des emplois locaux, en faisant appel à un personnel spécialisé à presque tous les niveaux de qualification. D'une façon générale, les activités minières



©Miguel Andrade

Ces adolescents de la communauté traditionnelle de Parauninha gagnent de l'argent en cultivant des espèces végétales indigènes comme éléments de reforestation et de décoration.



Ouro Preto est devenu une destination touristique populaire après avoir connu une période de déclin suite au transfert de la capitale de l'État fédéré à Belo Horizonte en 1897.

© Miguel Andrade

ont généré des emplois, relevé le niveau des revenus, favorisé le commerce intérieur et élargi la base de la fiscalité.

Toutes les sociétés minières opérant au Brésil paient des royalties aux municipalités à titre de compensation pour l'exploitation des ressources minérales. Ces royalties sont calculées sur la base de la facturation nette résultant de la vente des produits ; autrement dit, après déduction de toutes les taxes de commercialisation, les frais de transport et d'assurance.

Cette compensation est calculée sur la base d'un pourcentage : 0,2 % pour les pierres précieuses, les pierres colorées et carbonatées, les métaux précieux ; 1 % pour l'or ; 2 % pour le fer ; 3 % pour l'aluminium, le manganèse, le sel de roche et le potassium. Les deux-tiers (65 %) sont attribués aux municipalités d'où proviennent les minéraux. Quelque 23% vont à l'État d'origine et 12 % à l'État fédéral.

Les deux États les plus productifs sont le Minas Gerais (45 %) et Pará dans le nord du pays (33 %). Ils reçoivent donc la plus grande part des royalties : 43 % de la totalité des droits encaissés au Brésil, de janvier à août 2009, l'ont été au Minas Gerais¹³.

L'accroissement de la population dans la réserve de biosphère de Serra do Espinhaço a été irrégulier entre 2000 et 2010. Rien de surprenant à ce qu'il ait été plus fort dans les 15 municipalités ayant reçu la plus grande part des royalties. À l'inverse, dans celles qui étaient dépourvues de gisements miniers, la tendance de la croissance économique a été stagnante, voire négative.

Agir pour la rétribution du protecteur

La taxe levée par un État fédéré sur la circulation des biens et des services (*Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços, ICMS*) date des années 1950. Cette taxe d'environ 18 % sur la consommation – variable selon les États – représente aujourd'hui 90 % des recettes de chaque État, dont un quart est alloué aux municipalités.

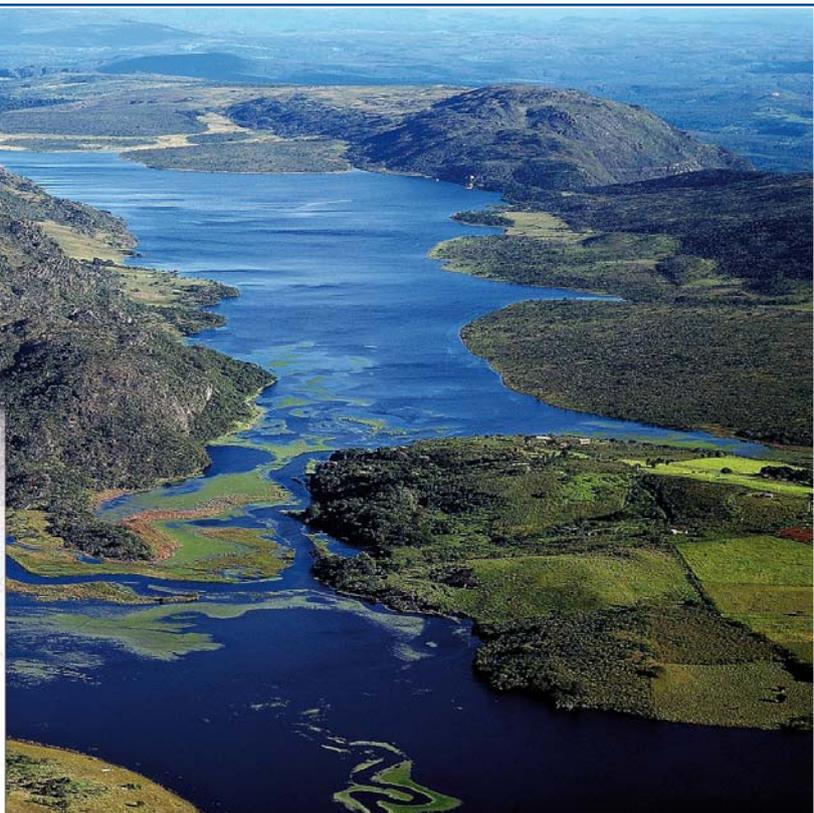
En 1988, le Brésil a adopté une nouvelle Constitution fédérale autorisant les États à définir par voie législative leurs propres critères de partage avec les municipalités des droits provenant des ICMS. Aussitôt après, plusieurs municipalités du Paraná et du Minas Gerais ayant de vastes zones protégées se plaignirent d'être pénalisées par les restrictions frappant les types d'activités qu'elles étaient autorisées à exercer sur leurs territoires. May et coll. rapportent, par exemple, dans *Selling Forest Environmental Services* (2002), comment les municipalités du Minas Gerais qui abritent le parc d'État du Rio Doce, la plus vaste étendue ininterrompue de forêt atlantique, ont lancé au début des années 1990 un mouvement réclamant une compensation financière sous forme, par exemple, d'une part des droits d'entrée au parc.

Le Minas Gerais réagit donc en 1992 en introduisant des critères écologiques dans la taxe qu'il percevait sur la circulation des biens et des services. L'objectif de cette nouvelle écotaxe (ICMS-E) consistait à indemniser les municipalités ayant de grandes zones protégées afin de compenser les restrictions subies mais, surtout, à les encourager à investir dans la conservation. L'écotaxe était fondée sur le principe de « rétribution du protecteur ».

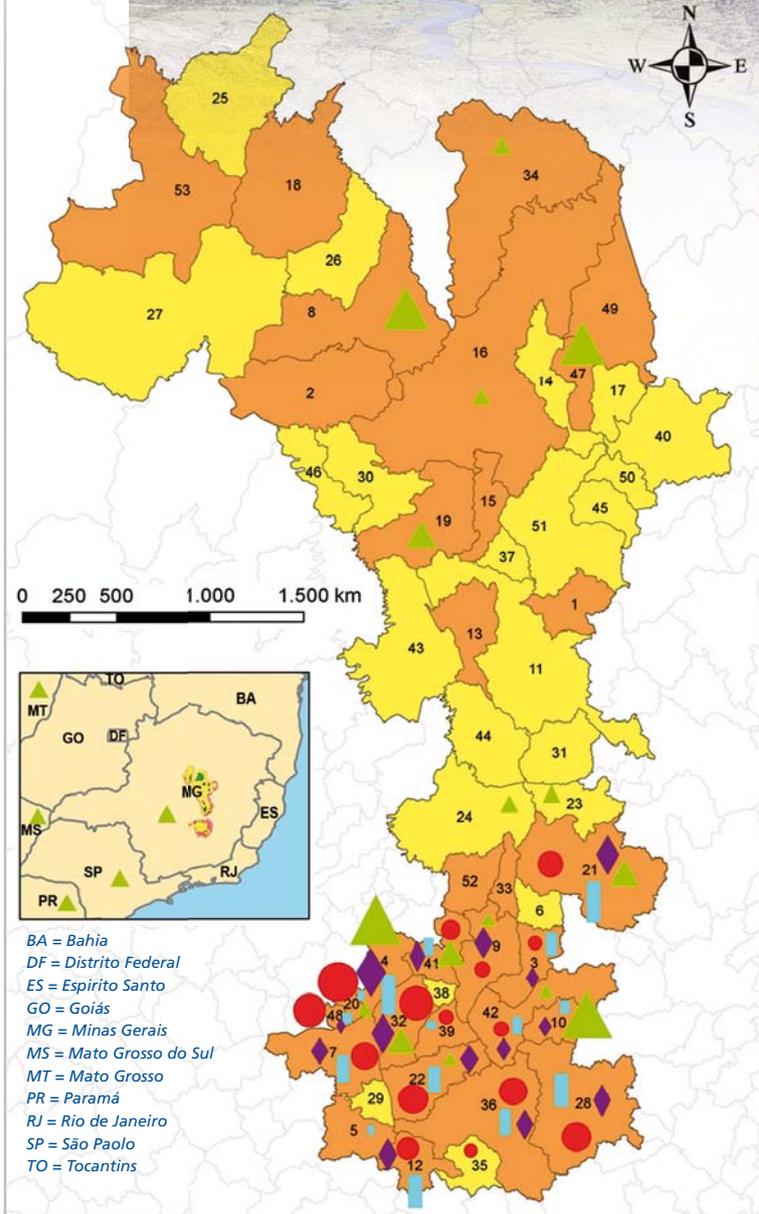
Deux décennies plus tard, dix États sur 26 ont adopté le mécanisme des ICMS-E. Une municipalité peut bénéficier de la taxe en créant ou en agrandissant une zone protégée, ou encore en investissant dans une zone existante pour améliorer sa conservation – que la décision émane d'elle-même ou bien de l'État concerné. Le pourcentage des recettes auquel a droit la municipalité est fixé par la mesure du Coefficient de conservation de la biodiversité correspondant à cette municipalité.

Au Minas Gerais, la superficie protégée a considérablement augmenté depuis que l'écotaxe a été instituée par les municipalités respectives. Dans les trois premières années qui ont suivi l'adoption de cette loi, le nombre de zones de conservation a doublé, alors même que la majorité de ces nouvelles aires protégées avaient pour principal objectif l'utilisation durable plutôt que la simple conservation.

©Miguel Andrade



La chaîne de montagnes de la Serra do Espinhaço présente la plus forte densité de plantes endémiques du Brésil, notamment dans la Serra do Cipó, photographiée ici avec le village de Lapinha. La Serra do Cipó est l'une des 13 aires centrales de la réserve de biosphère. Cette chaîne de montagnes est un véritable château d'eau, car elle est à l'origine des fleuves São Francisco, Doce et Jequitinhonha, qui se jettent dans l'Atlantique ; elle alimente en eau douce des millions de Brésiliens, notamment les communautés traditionnelles, qui en sont fortement tributaires. Malheureusement, ces fleuves sont aujourd'hui menacés par la déforestation, les incendies, la sédimentation et la contamination.



Municipalités de la réserve de biosphère de la Serra do Espinhaço

En fin 2009, le Minas Gerais comptait 72 unités de conservation – assurant une protection intégrale et incitant à l'utilisation durable – déclarées à l'Instituto Estadual de Florestas, dont 14 gérées directement par les municipalités. Sur les 3 076 millions d'ha couverts par la réserve de biosphère de la Serra do Espinhaço, les deux-tiers (2 085 millions d'ha) sont aujourd'hui des unités de conservation. Vingt-et-une de ces unités se situent dans les zones tampons de la réserve de biosphère : elles se répartissent en 16 zones de protection environnementale, une forêt d'État et quatre réserves naturelles de droit privé.

L'écotaxe, éternel parent pauvre

En tant que mécanisme économique pionnier pour la conservation, l'ICMS-E est très prometteur. Mais son impact a été plus marqué dans certaines municipalités que dans d'autres. Les recettes annuelles de la municipalité de São Gonçalo de Rio Preto (n° 47 sur la carte), par exemple, ont augmenté de 3 691 % depuis la création de l'écotaxe.

Les recettes de cette écotaxe restent cependant modestes au regard des services rendus par l'écosystème de la réserve de biosphère : 22,7 millions de réaux ont été transférés aux municipalités en 2009, ce qui ne représente en moyenne pas plus de 10 réaux par hectare et par an. Ces recettes ont par ailleurs tendance à être mal réparties, car les zones municipales

protégées sont souvent assez petites. C'est pourquoi certaines municipalités leur ont préféré d'autres sources de revenus, telles que la spéculation foncière.

En comparaison, les droits d'exploitation minière encaissés par les municipalités en 2010 ont atteint 389,3 millions de réaux, soit 17 fois ceux de l'écotaxe. Plus de la moitié de ces sommes n'a profité qu'à trois municipalités : Nova Lima (n° 32 sur la carte) 81,4 millions de réaux, Itabira (n° 21) 74,6 millions et Mariana (n° 28) 65,4 millions. Les municipalités auraient donc grandement intérêt à s'allier au secteur minier pour investir ces royalties dans la création de « municipalités vertes » en couvrant ainsi les frais d'entretien et de rétablissement des écosystèmes endommagés, qui fournissent des services tels que l'approvisionnement en eau pure et la fertilité des sols.

À l'heure actuelle, il existe un antagonisme entre, d'une part, la nécessité de sauvegarder les services rendus par les écosystèmes et d'autre part le boom de l'extraction minière et l'essor de l'urbanisation et des infrastructures. Le prix de la tonne de fer a considérablement augmenté en dix ans. Le secteur minier est ainsi en mesure de distribuer des dividendes substantiels qui dopent l'économie.

Ce boom économique suscite, en retour, un afflux de population dans la région. Or, l'afflux d'une population plus nombreuse et plus aisée accroît la demande de matières premières. Cela exerce une pression considérable sur la Serra do Espinhaço. Le secteur minier lui-même en souffre, car l'intensification des opérations d'extraction n'a pas seulement provoqué des dommages sur l'environnement mais est en train d'appauvrir les ressources minières.

Il est encore possible de mieux faire

Le *Plan d'action de Madrid pour les réserves de biosphère* (2008–2013) formule trois grandes recommandations pour la gestion financière des réserves de biosphère : améliorer les mécanismes de financement, rétribuer les services rendus par les écosystèmes et nouer des partenariats pour la gestion des forêts et des ressources en eau.

Au Brésil, ni les royalties provenant de l'exploitation minière, ni l'écotaxe ne sont des mécanismes parfaits pour rémunérer les services rendus par les écosystèmes. Le système actuel de compensation présente le défaut d'empêcher les chefs d'entreprises minières de nouer des liens avec les autorités des zones où sont implantées leurs activités. À l'heure actuelle, il n'existe pas de critères environnementaux les contraignant à investir sur place les royalties découlant de l'exploitation minière. De sorte que les zones de conservation et les territoires plus vastes des réserves de biosphère obtiennent des bénéfices financiers insuffisants en compensation de l'usage que fait l'industrie minière de leurs terres et de leurs cours d'eau.

L'écotaxe présente le défaut d'indexer les recettes sur les dépenses de consommation. C'est là un paradoxe gênant, car l'État ne pourra réduire la pression sur les écosystèmes qu'en adoptant des modèles de consommation plus durables des biens et des services. Il ne suffira pas pour cela d'adopter de nouveaux systèmes de gestion ou de législation. Il faudra préalablement élaborer des politiques publiques protégeant mieux les écosystèmes et prévoyant leur restauration le cas échéant.



Mine de fer dans la commune de Itabirito (n° 22 sur la carte)

En dépit des défauts des royalties et de l'écotaxe, ces deux mécanismes pourraient tout de même servir à promouvoir le dialogue entre les tenants des différents intérêts en jeu. L'équipe des gestionnaires de cette réserve de biosphère prévoient d'engager le dialogue avec les compagnies minières afin de les persuader d'adopter des méthodes qui maintiennent les écosystèmes en bon état. Ils se proposent également d'encourager les propriétaires privés à créer, eux aussi, des zones protégées afin de constituer une mosaïque de zones protégées privées et publiques à l'intérieur de la réserve de biosphère. Il y a quantité d'autres tâches urgentes, telles que la réhabilitation des zones d'exploitation et des rivières qui les traversent ou l'amélioration des relations entre les sociétés minières et les communautés locales.

En associant le dialogue et la coopération, l'équipe de gestionnaires de la Serra do Espinhaço espèrent faire de la réserve de biosphère un modèle de développement durable.

Sérgio Augusto Domingues¹⁴,
Cláudia Santiago Karez¹⁵,
Isabella Virgínia Freire Biondini¹⁶,
Miguel Ângelo Andrade¹⁷

Pour en savoir plus sur les bonnes pratiques dans les réserves de biosphère d'Amérique latine, voir la compilation d'études publiée en 2010 par le Réseau IberoMaB (en espagnol et portugais) : www.unesco.org.uy/mab/es/areas-de-trabajo/ciencias-naturales/mab/publicaciones/libros.html

13. Environ 218,38 millions de réaux sur 500,45 millions

14. Gestionnaire de la réserve de biosphère de la Serra do Espinhaço : sergioguto@gmail.com

15. Spécialiste du programme au Bureau régional de l'UNESCO pour la science en Amérique latine est aux Caraïbes, basé à Montevideo

16. Fondation João Pinheiro

17. Université pontificale catholique du Minas Gerais

Agenda

15 janvier

Prix Michel Batisse

pour la gestion des réserves de biosphère. Date limite de dépôt des candidatures : www.unesco.org/mab; mab@unesco.org

1-3 février

Mesurer le développement : comment la science et la politique collaborent

Conf. UNESCO-MOST. Les phénomènes sociaux sont mesurés dans une tentative d'objectiver la réalité. Les indicateurs sont utiles à la prise de décisions, l'évaluation, le travail scientifique etc. mais font l'objet d'un grand débat scientifique et politique. UNESCO Paris: g.solinis@unesco.org; gemdev@univ-paris1.fr

16-17 février

Le grand tsunami du Japon oriental

Symposium UNESCO-UNU sur le tsunami de mars 2011. Université des Nations unies, Tokyo (Japon) : m.yamamoto@unesco.org

20-23 février

Programme international de géosciences

Réunion du Bureau scientifique (20-21) suivi du 40^e anniversaire (le 22) et d'une excursion géologique (le 23). Thème de l'anniversaire : notre vision des 40 prochaines années en sciences de

la terre et le rôle du PICG. Parmi les sujets: changement climatique, risques naturels, rôle des minéraux dans notre vie et avenir de la planète.

UNESCO Paris: m.patzak@unesco.org

23 février

Initiative pour l'enseignement des sciences de la Terre en Afrique

Etat des lieux de mise en œuvre de l'initiative, puis de l'éducation en géosciences lors d'un atelier qui s'attardera sur les rapports cruciaux entre éducation et recherche. Voir également page 17. UNESCO Paris : s.gaines@unesco.org; sf.toteu@unesco.org

12 mars

Présentation du Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau

4^e de la série, publié par les Nations Unies, sur *La gestion de l'eau dans l'incertitude et le danger*, au 6^e Forum mondial de l'eau, Parc Chanoit, Palais des congrès et des expositions de Marseille (France) : h.edwards@unesco.org

26-29 mars

Remise des prix L'Oréal-UNESCO pour les femmes en science

Remise de 15 bourses en sciences de la vie et de 5 prix à des femmes de science remarquables. UNESCO Paris : s.bahri@unesco.org; www.forwomeninscience.com

Vient de paraître

L'Initiative de l'UNESCO sur la biodiversité

Brochure coordonnée par S. Arico.

Existe en français et anglais, 11 p.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002133/213313f.pdf>

Tracking Key Trends in Biodiversity Science and Policy

Aricó, S. et L. A. Brooks (eds). A paraître en ligne en mars. Existe en anglais, circa 150 p. Actes de la conférence organisée par l'UNESCO au siège de l'Organisation en janvier 2010 sur le thème de Science et politique de la biodiversité ; cette conférence a lancé l'Année internationale de la biodiversité. Télécharger sur www.unesco.org/new/biodiversity-initiative

Plan pour la durabilité de l'océan et des zones côtières

Produit par la commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO, OMM, FAO, PNUD en préparation de la Conférence des Nations Unies en vue du développement durable (Rio+20, juin 2012). Existe en anglais, 44 p. Un résumé existe en français et en espagnol. Voir également page 11.

Télécharger : www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/summary_interagency_blue_paper_ocean_fr.pdf

Engineering the Climate:

Research Questions and Policy Implications

Dossier d'orientation n° 14, UNESCO, SCOPE et PNUE, en anglais, 6 p.

La géo-ingénierie, altération délibérée du système climatique à grande échelle, comprend, entre autres, la fertilisation de l'océan en fer et l'ensemencement des nuages. Ces projets d'intervention soumis à des tests plus ou moins avancés auraient des conséquences incertaines. Le dossier vise à sensibiliser les décideurs à ce domaine en évolution rapide.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002144/214496e.pdf>

Impacts of Climate Change on Groundwater in the Arab Region

Ahmed R. Khater. Rapport technique UNESCO/PHI produit par le Bureau régional de l'UNESCO au Caire (Égypte) pour les sciences dans les États arabes. En anglais, 126 p. L'étude présente le système des aquifères de la région arabe et l'impact possible du changement climatique sur ses ressources et suggère des mesures de gestion. Elle comporte des recommandations pour la pratique, la recherche et les études sur l'adaptation au changement climatique et ses mécanismes. Télécharger : www.unesco.org/new/uploads/media/Impacts_of_Climate_Change_on_Groundwater_in_the_Arab_Region-2_Aug_2010-a.pdf

Surveys and Activities on Post-earthquake Disaster

Actes d'un atelier international réuni du 6 au 8 juillet 2010 à Padang, Indonésie, à l'Institut de recherche sur les établissements humains et au ministère des Travaux publics d'Indonésie, en coopération avec le gouvernement de la province de Sumatra Ouest, et avec le soutien de l'UNESCO et de l'Agence japonaise de coopération internationale. En anglais, 220 p.

Études de cas de diverses parties du monde, présentées par des experts.

Pour en savoir plus : y.katsumi@unesco.org.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002138/213843e.pdf>

From Space to Place

An Image Atlas of World Heritage Sites on the In Danger List of UNESCO

Sayre, R. et al. Produit par le Geological Survey des États-Unis en coopération avec l'UNESCO. ISBN 978-92-3-104227-0. En anglais, 96 p. Photos satellites grand format des 31 sites inscrits sur la Liste du patrimoine mondial en péril.

Pour en savoir plus : ma.hernandez@unesco.org;

télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002143/214371E.pdf>



LHC (Large Hadron Collider)

Album de photos du Grand collisionneur de hadrons. Peter Ginter, Rolf-Dieter Heuer, Franzobel. Éditions UNESCO / CERN / Édition Lammerhuber. ISBN: 978-3-901753-28-2, 64 €. Trilingue en français, anglais et allemand, 274 p. Voir également page 14.

L'ouvrage présente les images du célèbre photographe Peter Ginter, commentées par Franzobel, écrivain et célèbre auteur dramatique autrichien. L'entretien de Franzobel et de Rolf Heuer, Directeur général

du CERN, expose les dessous scientifiques du LHC. Richement illustré pesant près de 5 kg, cet ouvrage est un bel exemple de l'adage selon lequel une image vaut mille paroles.

ICT for Higher Education

Case studies from Asia and the Pacific

Bureau de l'UNESCO à Bangkok, projet financé par le Fonds en dépôt japonais. ISBN: 978-92-9223-384-6 (sur papier), 978-92-9223-385-3 (en ligne). En anglais, 160 p. Études de cas provenant des recherches de l'UNESCO sur l'emploi des TIC pour l'enseignement supérieur en Asie et au Pacifique dans trois domaines : apprentissage à distance, apprentissage mixte, et pratiques d'administration et de gestion.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002141/214143E.pdf>

The Performance of African Earth Scientists in the Journal of African Earth Sciences 2000-2010

Étude commandée par le Bureau de l'UNESCO pour la science en Afrique. En anglais, 27 pp. Voir également page 17.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002148/214888e.pdf>

Des économies vertes aux sociétés vertes

L'engagement de l'UNESCO pour le développement durable

Brochure préparée en vue du Sommet Rio+20 de juin 2012 par le Bureau de planification stratégique de l'UNESCO, réunissant des articles sur les projets et programmes de l'UNESCO du monde entier. En anglais et en français, 76 p.

Télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002133/213311f.pdf>

Nouveau site pour la COI de l'UNESCO à Perth

La COI possède un Bureau régional du Programme à Perth (Australie). Le nouveau site web du bureau offre des liens avec : les alliances régionales du Système d'observation mondiale de l'océan pour les îles du Pacifique et de l'océan Indien ; le Panel sur l'océan Indien ; les recherches en continu sur la biogéochimie et les écosystèmes de l'océan Indien ; le Forum de ressources sur le système d'observation de l'océan Indien. Aller sur : www.ioeperth.org; ou écrire à : N.D.Adamo@bom.gov.au

Portail sur le patrimoine culturel sous-marin

Afin de marquer le 10^e anniversaire de l'entrée en vigueur, en 2001, de la Convention sur le patrimoine culturel sous-marin, l'UNESCO a inauguré un portail pour un public varié avec films d'animation et documentaires sur les sites, les musées archéologiques et les galeries de photos et pour les enfants, une page de jeux. Des informations sur les possibilités de recherche et de formation sur : www.unesco.org/new/en/culture/themes/underwater-cultural-heritage/

Les forêts du patrimoine mondial

Périodique, No.61. Éditions UNESCO/Publishing for Development Ltd.

ISSN: 1020-4202, en anglais, français et espagnol, 7,50 €.

Articles sur les forêts du bassin du Congo, les Séquoias, la réserve de biosphère de Rio Plátano et les forêts tropicales de Sumatra.