



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

Darwin est toujours vivant ! p. 2

Planète

SCIENCE

Bulletin trimestriel
d'information sur les
sciences exactes et naturelles

Vol. 7, No. 4
Octobre-décembre 2009

SOMMAIRE

PLEINS FEUX SUR ...

- 2 Darwin est toujours vivant !

ACTUALITÉS

- 10 L'Albanie approuve sa stratégie pour la science
- 10 L'ONU adopte les services climatologiques
- 11 L'OCDE réévalue l'aide de l'UNESCO au développement
- 11 La mobilité des étudiants en forte croissance
- 12 Investir davantage dans l'enseignement supérieur
- 12 L'UNESCO évalue les dégâts à Babylone
- 13 Treize sites rejoignent le Patrimoine mondial
- 13 Notes de cours en accès libre

INTERVIEW

- 14 Beatriz Barbury raconte la vie et la mort des étoiles

HORIZONS

- 17 Captivez-les très jeunes !
- 20 Faire un pas en arrière

EN BREF

- 24 Agenda
- 24 Vient de paraître

ÉDITORIAL

Sceller l'accord !

Les émissions mondiales de CO₂ provenant des combustibles fossiles ont atteint en 2006 le niveau record de 8,4 gigatonnes, selon l'Earth Policy Institute, soit « 20 % de plus qu'en 2000. Entre 2000 et 2006, elles ont augmenté de 3,1 % par an, soit deux fois plus vite que dans les années 90 ».

Ces chiffres montrent que nous sommes engagés sur la pente glissante d'un changement climatique incontrôlé. La hausse des émissions de CO₂ dépasse aujourd'hui le pire des scénarios du rapport 2007 du Giec sur l'évolution du climat : une élévation de température de 6,4°C en moyenne d'ici la fin du siècle.

Alors que c'est un sentiment d'urgence qui devrait prévaloir, les négociations de l'ONU sur le climat, en décembre à Copenhague, s'annoncent sous le signe de l'attentisme. La faute en revient en grande partie aux pays riches. Maintes fois, ils ont manqué à leurs promesses d'aide internationale pour la réduction de la pauvreté et le transfert de technologie vers les pays en développement. Ils ne peuvent nier non plus être responsables de la majeure partie de l'augmentation des émissions mondiales de gaz à effet de serre depuis 1950, même si elle est désormais largement partagée par les pays en voie d'industrialisation rapide. Les pays en développement craignent que ne retombe sur leurs épaules une part importante du fardeau de la réduction des émissions des gaz à effet de serre, au fur et à mesure de l'augmentation de leur investissement dans l'énergie dans les prochaines années.

Or, il ne s'agit pas de choisir entre forte croissance économique et faibles émissions de gaz à effet de serre, déclare Ban Ki-moon, Secrétaire général de l'ONU. Dans sa préface au *World Economic and Social Survey* publié en septembre par l'ONU, il soutient que les deux pistes sont complémentaires. Le *Survey* propose que soit créé un programme mondial d'investissement pour aider les pays en développement à s'engager sur des pistes de croissance plus propres.

Le *Survey* suggère qu'au moins 1 % du PIB annuel mondial, soit 500 à 600 milliards de dollars, soit investi dans l'aide extérieure à l'adaptation au changement climatique et à la réduction de ses effets. Ce montant est à comparer aux quelque 21 milliards de dollars actuellement consacrés à ce poste. « Les plus pauvres et les plus vulnérables ont besoin, pour s'adapter, d'un financement substantiel et accéléré – maintenant ! » avertit Ban Ki-moon. Il vous suffit de lire, dans ces pages, l'étude de cas de deux réserves de biosphère, au Royaume-Uni et au Kenya, pour vous rendre compte que, si ces deux pays subissent déjà les effets de la montée du niveau de la mer, les moyens dont ils disposent pour le combattre diffèrent grandement.

C'est aux plus grands émetteurs historiques de carbone qu'il revient de donner l'exemple en s'engageant, à Copenhague, à réduire leurs émissions. Mais aucun accord n'aurait de sens si les pays dont les émissions s'accroissent rapidement ne les réduisaient, eux aussi, de manière substantielle. Aujourd'hui, à peine 10 pays produisent les deux-tiers de ces émissions. Ce sont par ordre décroissant la Chine, les États-Unis, la Russie, l'Inde, le Japon, l'Allemagne, le Royaume-Uni, le Canada, la République de Corée et l'Italie. Ils sont suivis par l'Iran, le Mexique, l'Afrique du Sud, la France, l'Arabie saoudite, l'Australie, le Brésil, l'Espagne, l'Indonésie, l'Ukraine, la Pologne, la Thaïlande et la Turquie.

D'après Ban Ki-moon, « notre pied est bloqué sur l'accélérateur, et nous roulons vers l'abîme ». Toute l'humanité est assise dans cette voiture. Nous sommes lancés ensemble vers cette calamité et c'est seulement tous ensemble que nous pourrions nous écarter du précipice.

Les négociations de Copenhague concluent trois années d'efforts de l'ONU pour mettre en place avant 2012 le successeur au *Protocole de Kyoto*. Aux délégations maintenant d'arriver à Copenhague prêtes à assumer leurs responsabilités. Sceller l'accord !

W. Erdelen

Sous-directeur général pour les sciences exactes et naturelles



Charles Darwin (1809–1882)
âgé d'environ 30 ans

Darwin est toujours vivant !

Charles Darwin a eu 200 ans le 12 février 2009. Par chance, le 150^{ème} anniversaire de son ouvrage *De l'origine des espèces par voie de sélection naturelle* tombe également avant la fin de l'année. Son œuvre, qui l'amena à défier les respectables conventions et à concevoir sa propre vision de la « transmutation » (appelée aujourd'hui « évolution ») reste irréfutable, car les preuves qu'il a accumulées et analysées, ainsi que les idées qu'il a conçues pour expliquer le mécanisme de l'évolution, restent à ce jour au cœur de la science évolutionniste.

Depuis l'époque de Darwin, la science a évidemment progressé. Des pas de géant ont été faits en génétique, en biologie du développement, en paléontologie et en anthropologie, qui ont considérablement renforcé et approfondi la cause de l'évolution. Néanmoins, l'essence de la théorie de Darwin – que toutes les espèces vivantes de la Terre sont liées par l'ascendance et la descendance, et que les changements que nous observons dans la vie au cours du temps sont façonnés, en grande partie, par la « sélection naturelle » – reste aussi vraie aujourd'hui qu'au moment où Darwin publiait son *Origine des espèces* en 1859.

Les années de formation de Darwin

Comment un jeune homme avide d'aventures de plein air mais sans véritable aptitude pour les études conventionnelles est-il devenu le grand penseur dont les idées allaient remettre en cause les réponses aux éternelles questions de : « qui suis-je », « d'où est-ce que je viens », « comment ai-je trouvé ma place dans le monde qui m'entoure ? ». Car si Darwin ne fut évidemment pas le premier à imaginer que la vie avait évolué, il fut bien le premier à asseoir cette idée sur une solide base scientifique. Sa théorie de l'évolution par la sélection naturelle prend ainsi place, dans l'histoire de l'humanité, parmi les grandes avancées de la pensée.

Le grand-père de Darwin, le médecin Erasmus Darwin (1731–1802) fut en Angleterre, dans les dernières décennies du 18^{ème} siècle, le plus célèbre adepte de l'idée de transmutation, à savoir le passage d'une espèce à une autre. On dit que même le grand zoologiste français Jean-Baptiste Pierre Antoine de

Monet, Chevalier de la Marck (1744–1829, dit Lamarck) trouva une partie de son inspiration dans les ouvrages d'Erasmus Darwin. Lamarck reste pour nous la personne ayant eu, avant Charles Darwin, les idées les plus convaincantes sur l'évolution. Or, Lamarck imaginait un monde où les espèces passaient de l'une à l'autre à la fois sous l'effet du temps et même de ce que nous appelons aujourd'hui le biote. Il avait le sentiment qu'en disposant de plus amples informations, on aurait pu voir toutes les différentes espèces d'oiseaux, visibles de notre fenêtre par exemple, se transformer en d'autres « espèces » vivant ailleurs. D'un autre côté, Lamarck n'eut pas d'argument convainquant pour expliquer comment l'évolution pouvait advenir.

Mais Lamarck eut effectivement des partisans, parmi lesquels plusieurs professeurs de Darwin après que celui-ci eut entamé, vers le milieu des années 1820, son bref passage à l'école de médecine d'Edinbourg, à l'âge tendre de 16 ans. Robert Jameson y dispensait un cours d'histoire naturelle qui comportait

des conférences « sur l'origine des espèces animales ». Il fonda également l'*Edinburg New Philosophical Journal* qui, en 1826, publia un article anonyme exaltant les vertus des idées de Lamarck.

Il est probable que l'expérience la plus marquante de la formation de Darwin à Edinbourg fut les travaux qu'il effectua avec Robert Grant (1793–1874), zoologiste formé à Paris (France), admirateur déclaré de Lamarck. Grant et Darwin recueillirent des animaux primitifs, comme des éponges,



Périple du Beagle autour du monde

Émergence de la notion de « temps long »

Pour comprendre en quoi *De l'origine des espèces* heurta la sagesse populaire, lors de sa parution en 1859, il nous faut nous glisser dans la peau d'un Européen du 19^{ème} siècle. Dans les premières décennies, les activités scientifiques demeurent un passe-temps de gentilshommes et d'hommes d'église, plutôt qu'une véritable profession. La Société géologique de Londres est créée en 1807, et devient alors la première société du monde à réunir des professionnels des sciences de la Terre.

« À l'époque, le public croyait que le livre de la Genèse, dans la *Bible*, était vrai, au sens littéral », rappelle Randall Keynes, l'arrière arrière petit-fils de Darwin, auteur d'un livre sur son illustre aïeul. Même les hommes de science « croyaient presque tous que chacune des espèces avait été créée par Dieu, l'homme d'abord, puis les autres espèces immédiatement après ». Quant au P^r Edward Derbyshire, de la Société géologique de Londres, il rappelle qu'à cette époque, « des mégafossiles de mammouths laineux, par exemple, ou d'hippopotames, de rhinocéros et d'hyènes des grottes avaient déjà été découverts en Eurasie, en Afrique et aux Amériques, puis étudiés par 'le père de la paléontologie', Georges Cuvier (1769–1832), et d'autres savants. Or, pour le public, ces découvertes semblaient tout simplement confirmer la réalité du Déluge décrit dans la *Bible*. En particulier la présence, dans les roches, d'animaux et de coquillages marins fossilisés, si loin de l'océan*, était censée avaliser cette interprétation ».

Le livre de la Genèse présentait une Terre âgée d'à peine quelques milliers d'années. Mais les géologues étaient embarrassés par les fossiles incrustés dans des couches sédimentaires pouvant atteindre une épaisseur de plus d'1 km. Comment ces couches auraient-elles pu se former en quelques milliers d'années, et comment expliquer l'absence apparente de vestiges de victimes humaines du Déluge ? Pourquoi tant de fossiles d'animaux et ce manque de fossiles humains ? **

« Au moment où Darwin s'embarquait pour son voyage sur le *Beagle* en 1831, beaucoup de géologues s'étaient rangés à l'avis que la Terre était bien plus âgée que le nombre connu de générations humaines », explique Keynes. « Ils croyaient, pour la plupart, que les formations terrestres avaient été créées par des événements soudains, mais la réalité du Déluge biblique donnait lieu à un débat, et Charles Lyell commençait à plaider en faveur d'une vision progressiste de l'histoire de la Terre ». Dans son livre retentissant de 1830, *Principes de géologie*, Lyell (1797–1875) soutenait que les diverses couches de roche auraient pris des éons de temps à se former, ce qu'il appela « le temps long », ou temps géologique. Il adhérait à l'uniformitarisme », école de pensée remontant à la fin du 18^{ème} siècle qui affirmait que les processus naturels lents que nous pouvons observer ont également participé du temps long. Pour ses tenants, les roches actuelles sont la clé du passé.

Le capitaine FitzRoy remit à Darwin le premier tome des *Principes de géologie* de Lyell juste avant le départ du *Beagle*, puis Darwin reçut le deuxième tome en Amérique du Sud. Dans une lettre de 1844 à son ami Leonard Horner, Darwin indiqua qu'il avait, pendant le voyage, vu les formations rocheuses « avec les yeux de Lyell ».

* On ne savait pas encore en ce temps là que des fossiles d'ammonites, animaux marins, se trouvaient incrustés dans la roche à 8 000 m d'altitude dans l'Himalaya, preuve des anciennes collisions de plaques qui ont été à l'origine de cette massive chaîne de montagnes.

** Il fallut attendre la première moitié du 20^{ème} siècle pour dater les roches et les fossiles avec la précision de la radiométrie, suite à la découverte de la radioactivité dans les années 1890.

des espèces apparentées aux coraux et des « animaux de la mousse » sur les bords du Firth of Forth, et Grant surprit Darwin au moins une fois (qui le relata plus tard) en faisant l'éloge des idées de Lamarck. Grant était à la recherche des relations évolutives entre les divers groupes d'animaux et même entre plantes et animaux. Darwin n'était pas seulement dans le secret de ces travaux, il y participait lui-même par les observations de novice qu'il effectuait à l'aide d'un microscope optique.

Mais la médecine ne convenait ni au cœur ni à l'estomac de Darwin, qui alla s'inscrire à Cambridge avec l'idée assez vague de rejoindre un jour la prêtrise. Il s'y adonna à sa passion pour la vie au grand air et s'enticha de la collecte des coléoptères. Il fut attaché au Révérend John Stevens Henslow, dont Darwin suivit trois fois le cours de botanique. Henslow était un créationniste pur et dur, qui niait l'évolution et croyait, au contraire, que toutes les espèces avaient été créées par Dieu, une par une. Mais il savait que les espèces végétales présentaient des variations, et il forma Darwin à en recueillir des spécimens et à conserver très soigneusement ses notes afin de documenter le mieux possible ces variations à l'intérieur des espèces.

Darwin connut, pendant l'été 1831, une formation brève mais déterminante qui lui apprit à cartographier les strates géologiques, au cours d'une excursion de terrain avec

le Révérend Adam Sedgwick, l'un des géologues les plus réputés d'Angleterre.

De retour chez lui, Darwin trouva la lettre du destin qui l'invitait à rejoindre le *Beagle*, vaisseau de la marine royale, pour son voyage imminent autour du monde. Il y était affecté à titre de naturaliste bénévole et homme de compagnie du capitaine Robert FitzRoy. Ce fut le début de ce que Darwin appela « de loin l'événement le plus important de ma vie ». Bien que sa formation scientifique eut été rudimentaire, elle devait s'avérer plus que suffisante pour ce jeune ambitieux.

Le périple du *Beagle*, 1831–1836

À l'origine, le voyage du *Beagle* devait être une circumnavigation autour du monde en trois ans, ayant pour objectif primordial d'améliorer les cartes maritimes des côtes Atlantique et Pacifique de l'Amérique du Sud. L'Angleterre, qui avait affirmé sa présence en Australie, en Nouvelle-Zélande et en Afrique du Sud, venait de s'emparer des îles Malouines au large de la côte de la Patagonie argentine.

Darwin revint de ce voyage avec une théorie sur la façon dont les montagnes se sont soulevées, les atolls se sont construits, et avec ses premières idées sur la formation des nouvelles espèces – premières intuitions sur l'évolution. Il s'était toujours intéressé à la façon dont les choses fonctionnaient et ses observations et ses collections d'histoire naturelle s'accompagnaient souvent d'une intense réflexion sur ce que les roches, les fossiles, les plantes et les animaux pouvaient lui révéler de la façon dont le monde était agencé et fonctionnait.

En septembre 1832, le *Beagle* effectua la première de ses deux visites à Bahia Blanca, dans le secteur sud-est de la province de Buenos Aires. Dans deux localités, Punta Alta (détruite depuis) et Monte Hermoso, Darwin recueillit un assemblage d'os et de coquilles fossilisés. Il eut le sentiment que les coquilles marines appartenaient aux mêmes espèces de mollusques et autres invertébrés qui vivaient encore dans les eaux de Bahia Blanca, mais que les mammifères avaient disparu. Plus important encore : Darwin était convaincu que les mammifères fossiles étaient apparentés¹ aux mammifères vivant encore en Amérique du Sud. La gigantesque carapace osseuse de ce que l'on appela ensuite des glyptodontes semblait à Darwin appartenir à une espèce disparue de tatou. Les os des paresseux terrestres géants auraient, eux aussi, appartenu au même groupe de



Crâne et carapace cuirassés du tatou *Chorobates* (famille des *Dasypodidés*) du Pliocène de l'Amérique du Sud, dans la province de Buenos Aires (Argentine). Les *Dasypodidés* sont la seule famille de tatous encore présente, les deux autres familles – *Glyptodontidés* et *Pamphathiidés* – ayant disparu. Le *Glyptodon* était l'un des plus grands tatous, il avait environ la taille d'une voiture ! Les *Glyptodontes*, apparus au Miocène en Amérique du Sud, ont disparu à la fin de la dernière glaciation, en même temps que les tatous terrestres géants et d'autres spécimens de la mégafaune.

mammifères xénarthres², qui comprend également les tatous et les fourmiliers, toutes espèces toutes espèces que l'on ne trouve qu'aux Amériques et surtout en Amérique du Sud.

Cependant, les mammifères géants disparus semblaient être, tout au plus, de lointains cousins des espèces vivantes de tatous et de paresseux. Bien plus passionnants étaient les os fossiles, nettement plus petits, provenant de Monte Hermoso, que Darwin croyait appartenir à une espèce très proche du cobaye patagonien toujours vivant ; ce rongeur occupe le 3^{ème} rang au monde par sa grande taille, après le capibara d'Amérique du Sud et le castor d'Amérique du Nord. À Monte Hermoso, Darwin trouva les preuves que tous les genres de mammifères n'avaient pas disparu en même temps : le glyptodonte et le paresseux géant terrestre appartenaient à des genres différents des espèces vivantes, ce qui n'était pas le cas des espèces de cobaye fossiles disparues et des espèces de cobaye vivantes, dont Darwin pensait qu'elles devaient appartenir au même genre.

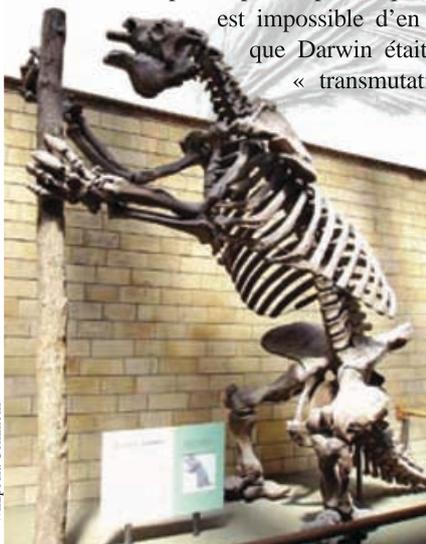
Avec le cobaye fossile de Monte Hermoso, Darwin put constater par lui-même l'existence d'une espèce disparue remplacée par un proche parent toujours vivant. Il est impossible d'en conclure à coup sûr que Darwin était dès lors devenu un « transmutationniste », mais ses

notes prouvent qu'il envisageait fermement cette possibilité dès la fin de 1832. Je ne puis donc m'empêcher de considérer Bahia Blanca comme aussi déterminante pour le développement de la pensée de Darwin que sa visite, bien plus célèbre, des îles Galápagos trois ans plus tard ! C'est pourquoi les strates géologiques de Monte Hermoso, avec leurs vestiges fossiles très productifs, méritent d'être inscrites sur la Liste des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO au même titre que les Galápagos, qui ont déjà reçu cette importante distinction.

Darwin voyait des espèces distinctes se remplacer l'une l'autre au cours du temps. Il allait bientôt faire la même observation sur les espèces vivantes. Comme il le signale dans son ouvrage *L'Origine des espèces*, publié bien des années plus tard, il constatait qu'une espèce prenait la place d'une autre au fur et à mesure que l'on s'enfonçait vers le sud du continent d'Amérique du Sud. Son meilleur exemple est celui des deux espèces de nandous, oiseaux d'Amérique du Sud semblables à des autruches. À Bahia Blanca et ailleurs dans la pampa, Darwin vit, recueillit et même mangea des spécimens de *nandu*, le grand nandou ; au sud, en Patagonie proprement dite, il entendit parler d'une autre espèce, plus petite et plus foncée, le « choique », qui porta quelque temps le nom de « nandou de Darwin ».

Darwin savait que les aires de répartition de ces deux espèces se chevauchaient au-dessus du Rio Negro, qui marque la limite de la pampa au nord, et de la Patagonie au sud. Mais, au fil de l'expédition, il comprit que les deux espèces ne se fondaient pas l'une dans l'autre, comme Lamarck aurait pu le supposer. Au contraire, elles demeuraient aussi distinctement et clairement reconnaissables quand elles étaient proches l'une de l'autre que dans leurs aires respectives.

Darwin constata des faits semblables concernant le remplacement d'autres groupes d'oiseaux dans leur répartition géographique. Lorsque le *Beagle* fit escale aux îles Malouines, et notamment pour la deuxième fois, au début de 1834, Darwin en eut la confirmation en voyant pour la première fois que les espèces des îles situées au large de la côte sud-américaine



Un des fossiles que Darwin découvrit à Punta Alta était celui d'un *Megatherium*. À la différence de ses trois espèces apparentées encore vivantes, le *Megatherium* était un géant. Dressé sur ses pattes postérieures, comme ici, il était environ deux fois plus grand qu'un éléphant. Ce paresseux vivait au Pléistocène.

Le premier système scientifique de classification binomiale

Le botaniste et zoologiste suédois Carl Linné (1707–1778) ne fut pas le premier à tenter de classer scientifiquement les êtres vivants. Il fit cependant une contribution majeure à la taxinomie en créant une nomenclature binomiale et hiérarchique de la nature. Il plaça au sommet le règne animal et le règne végétal. Le troisième règne était réservé aux minéraux.

Le règne animal se divisait en phylums. Le phylum se divisait à son tour en classes, les classes en ordres, les ordres en genres et les genres en espèces. Par exemple, *Homo sapiens* fait partie du règne animal, du phylum des cordés,* classe des mammifères, ordre des primates. *Homo* renvoie au genre et *Homo sapiens* à l'espèce.

Plus de 200 ans plus tard, le système scientifique de classification est toujours en cours d'amélioration.

* Les cordés comprennent les vertébrés et plusieurs invertébrés. Leur point commun est, à certains stades de leur cycle de vie, une notocorde, (ébauche de colonne vertébrale), un tube nerveux dorsal (qui deviendrait la moelle épinière des vertébrés) des fentes pharyngiennes, (qui feraient ensuite partie de la gorge ou, chez les poissons, des ouïes), une queue qui dépasse nettement l'anus et un endostyle (dans le pharynx) [Wikipedia].



©Stefian Laube/Wikipedia

Paresseux à gorge brune (Bradypus variegatus) au Panama

étaient distinctes, tout en conservant des caractéristiques typiquement sud-américaines. Plus précisément, il estima que le renard des îles Malouines se distinguait de toutes les espèces du continent voisin. Qui plus est, les renards étaient légèrement différents dans les îles orientales et occidentales des Falkland : exemple de remplacement d'une variante par une autre de la même espèce.

En février 1835, alors que le *Beagle* était ancré devant la ville de Valdivia, au Chili, Darwin était descendu du navire lorsqu'il fut terrifié par un violent tremblement de terre. Peut-être encore sous l'effet de l'événement, il écrivit un bref essai, simplement intitulé *Février 1835*. Le manuscrit est conservé dans l'Earthquake Portfolio de la bibliothèque de l'Université de Cambridge, au Royaume-Uni, avec les abondantes notes prises au cours de l'expédition du *Beagle*. Darwin y rappelle le cobaye de Monte Hermoso et traite des mécanismes de la disparition et, pour la première fois, de la « naissance » des espèces qui se remplacent l'une l'autre. Il est alors tout près de se convertir à la transmutation, sans toutefois l'écrire explicitement. Le capitaine FitzRoy avait le droit de lire les notes de tout l'équipage ce qu'il avait déjà fait avec Darwin. La répugnance de ce dernier à révéler ses convictions grandissantes sur la transmutation, qui persista tout au long des années 1840 et ne fut vraiment abandonnée qu'avec la publication en 1859 de *l'Origine des espèces*, avait, de toute évidence, débuté alors que s'ébauchait, sur le *Beagle*, sa pensée évolutionniste.

J'en suis venu à considérer les Galápagos, que le *Beagle* a abordées en août 1835, non pas comme le début de la pensée évolutionniste de Darwin mais plutôt comme le coup de grâce à toute trace de réserve que Darwin aurait pu encore entretenir à propos de l'évolution. S'il a, certes, commis l'erreur de n'avoir pas vu l'importance du mélange trompeur des petits oiseaux noirs et bruns qui portent, depuis, le nom célèbre de « fringillidés de Darwin », il a véritablement découvert ce à quoi il s'attendait : que ces animaux avaient tous des affinités fondamentales avec l'Amérique



Dessin d'un renard des îles Malouines, le *Dusicyon culpaeus*, peu avant son extinction par la chasse. Darwin le nomma *Canis antarcticus*.

du Sud, et que certains semblaient varier d'une île à l'autre (au début, il n'était pas certain qu'il en allait de même pour les plantes). Ce mécanisme, qui lui était déjà familier aux Malouines, s'imposa brusquement à lui lorsqu'il observa l'oiseau moqueur sur plusieurs îles de l'archipel des Galápagos.

Le gouverneur des Galápagos, qui était alors une colonie pénitentiaire espagnole, lui dit que toute personne connaissant bien l'archipel pouvait dire « au premier coup d'œil », comme l'écrivit plus tard Darwin, de quelle île devait provenir la carapace d'une tortue morte. Alors que le voyage tirait à sa fin et que Darwin organisait et retranscrivait ses notes, il en vint aux oiseaux moqueurs des Galápagos. En signalant que ces oiseaux semblaient être différents d'une île à l'autre – il pensait qu'il y en avait trois ou quatre « variétés » ou peut-être espèces distinctes – il se rappela les renards des Malouines et les tortues des Galápagos. C'est alors qu'il rédigea sa célèbre réflexion : « Si ces remarques ont le moindre fondement, la zoologie des Archipels méritera bien d'être étudiée ; car de tels faits ébranleraient la stabilité des Espèces ». Presque tous les scientifiques aujourd'hui sont d'avis que, dès le milieu de 1835 et encore à bord du *Beagle*, Darwin s'était – quoique prudemment – déclaré transmutationniste.

La théorie de Darwin prend forme : 1837-1859

Le *Beagle* finit par rentrer en Angleterre en fin 1836. Ce n'est qu'au début de l'année suivante cependant que Darwin fut libre de reprendre ses notes et de jeter sur le papier ses dernières réflexions sur l'expédition du *Beagle*, dans le fameux *Carnet rouge* qu'il avait ouvert alors qu'il était encore en mer. Il s'y présente – enfin ! –

comme un transmutationniste avéré, en se contentant de réécrire l'essentiel de son essai de février 1835, mais en termes explicitement évolutionnistes. Il dit, par exemple, qu'il n'existe pas de « changement progressif » à l'intérieur de l'une ou l'autre des deux espèces de nandous à l'endroit où convergent leurs aires géographiques. Le remplacement est brutal, et Darwin dit « ... si une espèce se change effectivement en une autre, ce doit être *per saltum* ». Non seulement Darwin spéculait ouvertement sur la transformation d'une espèce en une autre, mais il spécifie aussi que cela doit se faire par un « saut » brutal entre l'espèce ancestrale et les descendants.

C'est là que les choses changent. Dans le *Carnet rouge*, Darwin est un « adepte du saut » (le *saltus* latin), qui croit que les nouvelles espèces jaillissent de l'éclatement d'espèces ancestrales. Mais lorsqu'il entame le premier de ses « carnets transmutationnels », en fin 1837, ses références au *Beagle* se font rares. Darwin est désormais lancé sur une piste évolutionniste différente, où il s'interroge sur les principes de l'hérédité et les modalités de la variation. Nous nous posons alors la question : pourquoi a-t-il changé de direction ?



Dessin d'un nandou qui porta quelque temps le nom de « nandou de Darwin »



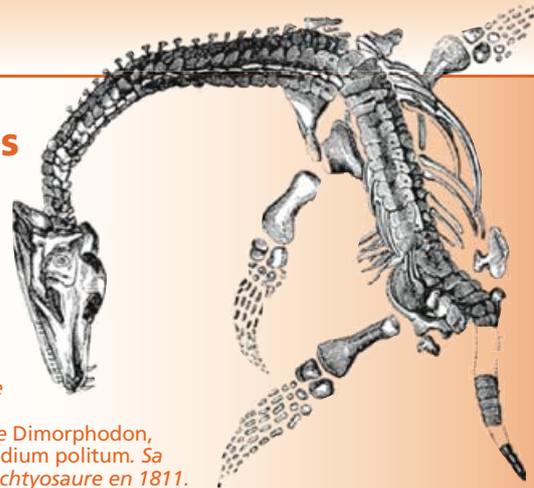
Un cobaye patagonien (*Dolichotis patagonum*) semblable à celui que Darwin observa à Monte Hermoso

Excursion à travers le temps



Sur la Riviera anglaise, les plages soulevées que l'on distingue sur les falaises sont révélatrices d'anciens changements du niveau de la mer.

Dessin d'un Plésiosaure macrocephalus, reptile marin du Jurassique inférieur (ca 190 Ma). Ce fossile de 3 m de long fut trouvé en 1823 sur une plage de Lyme Regis par Mary Anning (1799-1847), l'une des pionnières dans la recherche des fossiles. Un an plus tard, elle devait découvrir les fossiles du premier reptile volant jamais trouvé en Angleterre, un ptérosaure, qui reçut ensuite le nom de Dimorphodon, et d'un poisson sans mâchoire, le Dapedium politum. Sa première grande découverte a été un ichtyosaure en 1811.



Du temps de Darwin, la géologie et la paléontologie étaient balbutiantes. Darwin aurait néanmoins été au courant de la multiplication des fossiles mis au jour sur la côte sud de l'Angleterre, dans des sites qui font aujourd'hui partie de deux réseaux mondiaux de l'UNESCO.

La côte jurassique

Communément dénommé Côte jurassique, le site du patrimoine mondial du Dorset et du Devon oriental s'étire sur 150 km de côtes et comprend l'une des séquences géologiques les plus spectaculaires du monde, couvrant les périodes du Trias, du Jurassique et du Crétacé. Elles témoignent de la variabilité du climat de la zone dans le temps. Les roches révèlent un passé d'océans profonds et de mers tièdes et peu profondes, de forêts denses, de marécages, de lagunes, de lacs salés et même de déserts chauds : dans le Devon oriental, où les roches triasiques datent de 250 millions d'années (Ma), les falaises rouges faisaient autrefois partie d'un paysage désertique semblable à celui de la Namibie d'aujourd'hui.

William Buckland fut le premier à reconnaître des excréments fossilisés du Lias autour de Lyme Regis, qu'il appela des coprolithes. Il estimait que les larges vallées de l'Axé et de la Char constituaient la preuve du déluge biblique car, expliquait-il, ces rivières étaient trop petites pour avoir creusé ces vallées. Aujourd'hui, nous voyons l'ère glaciaire comme l'époque où les rivières étaient suffisamment grandes pour provoquer une telle érosion. En 1822, Buckland publia *Sur les fouilles des vallées à l'intersection de la côte sud du Devon et du Dorset*.

Vers 1830, Sir Henry de la Beche publia la toute première illustration d'un environnement passé, *Duria antiquior*, où il imaginait un ancien Dorset d'après les fossiles découverts par Mary Anning à Lyme Regis. De la Beche et le Révérend William Conybeare furent les premiers à décrire les ichtyosaures.

Le Révérend Osmond Fisher étudiait les petites carrières de la zone de Bincombe, dans le Dorset. Ses études donnèrent lieu, en 1881, au premier manuel de géophysique théorique, *Physique de la croûte terrestre*. Il anticipait sur des idées qui, 70 ans plus tard, deviendraient la théorie moderne de la tectonique des plaques.

Aujourd'hui, les meilleurs endroits pour trouver des fossiles, ce sont les plages qui bordent les villes de Charmouth et de Lyme Regis. Des empreintes de pattes de dinosaures mises au jour par les carriés et des spécimens fossilisés sont également exposés dans les musées locaux. Parmi les fossiles trouvés sur les plages et les falaises de la Côte jurassique, certains nous renseignent sur le climat passé de la région.

Le géoparc de la Riviera anglaise

Il y a environ 375 Ma, le géoparc de la Riviera anglaise se trouvait sous la mer, au sud de l'équateur. Les eaux chaudes grouillaient de créatures aujourd'hui disparues et contenaient des coraux massifs. Pendant des millions d'années, des coquillages et des os provenant des organismes marins s'accumulèrent en couches qui constituèrent la roche sédimentaire calcaire. Ces couches furent ensuite plissées et brisées alors que les mouvements tectoniques poussaient la croûte terrestre vers le nord. Vers 280 Ma, le géoparc était situé désormais à peine au nord de l'équateur et faisait partie d'un vaste désert. C'est à ce moment-là que se formèrent les grès rouges caractéristiques de la région. Une succession de glaciations et de périodes interglaciaires, entamée il y a 2,5 Ma, creusa les grottes du géoparc qui fournirent un abri aux animaux et aux hommes primitifs.

Une des ces grottes, la caverne de Kents, est ouverte au public. « Elle témoigne d'une séquence ininterrompue d'occupation humaine qui remonte à un demi-million d'années », déclare

Nick Powe, son propriétaire. Entre 1865 et 1880, William Pengelly y mena des fouilles à la lueur des bougies. Il dégaga deux étages de stalagmites dans la grotte, constitués après chacune des glaciations, et mit au jour les preuves d'une occupation humaine datant de 500 000 ans, accompagnées d'os d'ours et de lions des grottes, de mammouths, de rhinocéros laineux et d'hyènes.

Charles Darwin s'attardait sur les derniers chapitres de *l'Origine des espèces* en résidant dans les environs, à Meadfoot Beach, à Torquay. Il entretenait une correspondance suivie avec Pengelly, dont les découvertes ébranlèrent à l'époque la communauté scientifique orthodoxe de Londres.

Un fragment de mâchoire humaine trouvé dans la grotte, récemment daté de 35 à 40 000 ans, est l'une des plus anciennes traces d'humains modernes (*Homo sapiens*) trouvées en Europe. L'ADN du fragment est actuellement à l'étude par le Projet du Royaume-Uni sur l'occupation de la Grande-Bretagne par les anciens humains, dirigé par le Pr Chris Stringer, du Muséum d'histoire naturelle de Londres. Les résultats ne sont pas encore concluants, mais la mâchoire pourrait appartenir à un crâne de néandertalien. Ce serait alors la preuve que ces hommes avaient un jour coexisté ici avec l'homme moderne. En attendant, les recherches archéologiques se poursuivent : en septembre a débuté la première fouille de la Kents Cavern depuis 80 ans. L'équipe provenant des Universités de Sheffield et de

Durham recherche des preuves nouvelles d'une occupation de la caverne par des néandertaliens.



La mâchoire trouvée dans la caverne de Kent's, qui pourrait se révéler être celle d'un néandertalien.

Source: Communication personnelle de Nick Powe, Mel Border et Richard Edmonds; Coles, P. (2008) *Neanderthal man at the seaside*. Le Courier de l'UNESCO ; www.kents-cavern.co.uk; www.jurassiccoast.com/.

Pour en savoir plus sur la Réserve de biosphère de Braunton Burrows-Nord Devon, Royaume Uni (voir page 20).



Sites du sud-ouest de l'Angleterre appartenant aux réseaux de l'UNESCO

On dit souvent que Darwin ne s'est « converti » à l'évolution qu'après être rentré chez lui et avoir entendu l'opinion des experts sur l'identité de tous les spécimens rapportés. Bien que nous ayons constaté que ce n'est pas exactement le cas, je pense néanmoins qu'en apprenant de la part de l'ornithologue John Gould que l'assemblage déroutant des petits oiseaux des îles Galápagos représentait, en fait, un groupe de fringillidés étroitement apparentés, ce moment marqua très vraisemblablement un tournant décisif pour Darwin. Car désormais, au lieu de devoir chercher une théorie pour expliquer le remplacement d'une espèce par une autre, dans l'espace et le temps, il lui fallait une explication pour les variations entre espèces très proches, différences devenant visibles dans la forme et la taille des becs de ces fringillidés.

Autrement dit, Darwin avait besoin d'une théorie de l'adaptation. Il lui fallut *grosso modo* une année pour formuler son idée de la sélection naturelle.

Il connaissait déjà l'existence d'un certain processus de l'hérédité, qui fait que la progéniture ressemble aux parents. Comme il devait l'écrire dans son *Carnet E*, « les petits-enfants comme les grands parents ». Il ne savait pas pourquoi, mais c'était comme ça.

De même, Darwin savait que la variation existait, une « tendance au petit changement », comme il le remarque dans le *Carnet E*. Il savait aussi que ces variations étaient transmissibles. Le dernier maillon de la chaîne logique apparut lorsqu'il lut *Un essai sur le principe de population* (1798) du pasteur anglais Thomas Malthus (1766–1834). Il prit alors conscience du fait que la reproduction sexuée entraîne rapidement une croissance exponentielle de la population, à moins que n'interviennent certains facteurs pour réguler son expansion. Voici le raisonnement : disons qu'une paire de parents produit deux descendants ; si chacun en produit deux, il y a quatre descendants à la génération suivante. Et ainsi de suite. Darwin disait que le monde serait rempli d'éléphants « en places debout seulement », même compte tenu de la lenteur de leur rythme de reproduction, si on commençait avec un seul couple que l'on suivait pendant quelques milliers d'années. Or, le monde n'est pas rempli d'éléphants en places debout, ni de toute autre espèce (à l'exception alarmante des êtres humains). Il doit y avoir quelque chose qui freine la croissance de la population. Darwin apprit de Malthus que les réserves alimentaires étaient le principal facteur limitant, même si une foule d'autres facteurs, comme la maladie et la prédation, étaient également à l'œuvre.

Darwin vit alors qu'en général, les individus dotés des variations « les plus favorables » survivaient et se reproduisaient plus que les autres membres de la population dotés de caractéristiques moins avantageuses. Darwin avait ainsi défini un processus analogue à celui de la « sélection artificielle » des éleveurs qui font en sorte que les individus, dans les champs (les plantes) et les étables (bétail) ayant les caractéristiques les mieux développées, comme la production de lait, donnent naissance à une descendance qui fournira peut-être encore plus de lait. Voilà, c'est la sélection naturelle !

Darwin coucha ses pensées par écrit en 1842 dans un petit essai, le *Pencil Sketch*. Puis il développa ses réflexions en 1842 dans un *Essai* bien plus long. Ces deux manuscrits enchaînent

les idées de la même façon et utilisent le même langage que dans son *Origine des espèces* de 1859.

Mais au lieu de publier, Darwin se tourna vers d'autres projets, toujours peu enclin qu'il était à livrer ses idées au monde, alors même qu'il avait commencé, en fin 1844, à en faire part à ses amis et à ses proches. Ce n'est qu'en 1851, environ un an après la mort à 10 ans d'Annie, sa fille adorée, qu'il se sentit obligé de commencer à réunir ses notes pour composer son « gros livre sur les espèces », qui s'intitulerait *Sélection naturelle*.

Darwin eut une sorte d'illumination au milieu des années 1850 en entrevoyant comment la sélection naturelle pourrait entraîner la modification des espèces selon les régions géographiques. Dans l'isolement, des « variétés » distinctes et peut-être même des espèces distinctes finissaient par apparaître : cette vision du processus de spéciation est très proche du concept moderne.

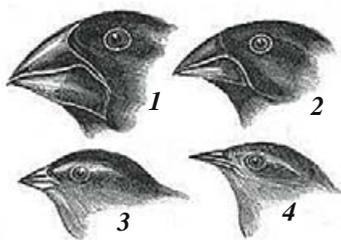
Il classa ces réflexions sous la rubrique « principe de divergence » dans le brouillon de son gros livre sur les espèces qui, hélas, ne donnèrent jamais lieu à publication de son vivant. Au contraire, en recevant, pendant l'été 1858, une lettre et un manuscrit du naturaliste Alfred Russell Wallace (1823–1913) annonçant sa découverte de l'évolution, personnelle et indépendante, par un processus que Darwin appelait « sélection naturelle », Darwin fut obligé de tout mettre de côté pour publier précipitamment un « abstract » de ses idées. Cet « abstract » fut un livre volumineux, l'ouvrage qui ébranla le monde, *De l'origine des espèces par voie de sélection naturelle*, publié à peine un an après l'arrivée du manuscrit de Wallace.

Les nuances exprimées dans le « principe de divergence » de Darwin ne trouvèrent jamais leur place dans l'*Origine des espèces*. Ces idées conciliaient, en fait, d'une part son intérêt initial pour l'avènement d'espèces distinctes, dans le temps et l'espace, d'autre part son examen ultérieur de la modification adaptative des caractéristiques des organismes par voie de sélection naturelle. Le monde hérita, au contraire, d'une vision de l'évolution centrée sur la modification progressive des caractéristiques des organismes par la sélection naturelle, processus – et c'est plutôt ironique – qui rappelle la « trace » de variation de Lamarck pour laquelle Darwin n'avait, au départ, trouvé aucune preuve.

L'évolution depuis Darwin

Depuis Darwin, trois thèmes ont été développés en biologie de l'évolution :

- le retour de certaines questions, éparpillées dans le foisonnement des manuscrits de Darwin, comme l'isolement et l'apparition d'espèces distinctes, dans l'espace et le temps,
- l'élucidation de ce qui, pour Darwin, n'était que des « boîtes noires », à savoir la science de l'hérédité, la génétique et ses prolongements ultérieurs en biologie moléculaire, ainsi que les éclairages induits sur la façon dont l'information génétique s'exprime pendant le développement de l'organisme – dans le cas des animaux vertébrés, à partir de l'unique cellule d'un œuf fertilisé, jusqu'au corps adulte possédant des milliards de cellules organisées en centaines de types différents,



Dessin des « fringillidés de Darwin » des îles Galápagos : *Geospiza magnirostris* (1), *Geospiza fortis* (2), *Geospiza parvula* (3) et *Certhidea olivacea* (4)

- l'énorme quantité de nouveaux exemples et de connaissances de l'histoire du vivant qui confirment encore et encore la vérité fondamentale des visions évolutionnistes de Darwin.

Je les évoquerai brièvement, dans l'ordre inverse. À moins que ne persiste un doute rationnel sur la vérité élémentaire de la simple affirmation selon laquelle la vie a évolué, car Darwin en avait lui-même accumulé les exemples, il est stupéfiant de comparer ce que nous savons aujourd'hui de l'histoire de la vie sur Terre, d'après les fossiles et la diversité de la vie toujours présente sur la Terre, avec ce qui était connu du temps de Darwin. L'« arbre de vie » pour lequel les biologistes font appel aux données moléculaires (ADN et ARN) pour affiner les analyses conventionnelles sur les liens de parenté des organismes, a révélé le réseau complexe des relations entre les millions d'espèces qui vivent en ce moment sur la Terre. À la place des simples arbres de vie rudimentaires que Darwin esquissait dans ses carnets, les ordinateurs affinent constamment les détails précis de l'arbre de la vie.

Dans le même ordre d'idées, les paléontologues ont accumulé un assortiment saisissant d'exemples de fossiles de transition. Trois exemples seulement : le *Tiktaalik*, « poisson à pattes » de 360 millions d'années, qui représente un lien entre poissons et amphibiens ; des baleines primitives qui portent la marque certaine d'une ascendance de mammifère terrestre artiodactyle (à sabot fendu) ; et le fameux archéoptéryx, qui relie si visiblement reptiles et oiseaux.

Mais mon exemple préféré d'une preuve irréfutable de l'évolution se situe à la source même de tout refus d'accepter les réponses évolutionnistes faites par Darwin aux questions « qui suis-je ? » et « d'où est-ce que je viens ? » Ce sont les traces historiques fossiles de l'évolution humaine, qui sont particulièrement denses et le deviennent davantage après chaque saison de fouilles en Afrique, en Europe et en Asie. Ces traces démontrent que nous « descendons » d'australopithèques très semblables aux grands singes, qui vivaient en Afrique il y a 6 à 1,5 millions d'années. Notre propre lignée s'est éloignée de certains de ses précurseurs, marquée dès le départ par un accroissement de la dimension du cerveau. Après plusieurs stades de l'évolution, de nouvelles espèces, chacune dotée d'un cerveau plus grand, ont donné naissance à notre propre espèce en Afrique, il y a quelque 150 000 à 200 000 ans. Nouveaux venus sur la scène de l'évolution, nous n'en sommes pas moins les fiers descendants d'une longue succession d'ancêtres dont Darwin n'avait aucune connaissance personnelle, bien qu'il sût évidemment qu'en principe elle devait exister. Darwin avait prévu, à juste titre, qu'il serait un jour prouvé



Fossile d'un archéoptéryx (≈ 150 Ma) montrant l'empreinte des ailes. L'archéoptéryx serait le lien manquant entre dinosaures et oiseaux.

Photo de fossile du Musée d'histoire naturelle de Berlin

que notre espèce s'était développée en Afrique. Nous l'avons fait et, sur ce point, les données moléculaires concordent avec les fossiles.

La redécouverte des travaux expérimentaux du moine botaniste autrichien Gregor Mendel (1822–1884) fut suivie, dès le début du 20^{ème} siècle, d'une explosion de connaissances en génétique. Dans sa soif de connaissance, Mendel avait fait pousser pas moins de 29 000 variétés de pois dans le jardin du monastère afin de comprendre comment se formaient les hybrides. Cela aboutit à ce que l'on appelle les lois de Mendel sur l'hérédité, qui lui valurent le titre officieux de « père de la génétique moderne ».

Les gènes furent découverts, puis la structure chimique de l'ARN et de l'ADN ouvrirent le monde nouveau de la biologie moléculaire. Les données obtenues dans ces domaines, comme déjà signalé, confirment sans le moindre doute

le pedigree évolutionniste de toutes les espèces du vivant. Mais aujourd'hui, nous en savons tellement plus : pourquoi les organismes ressemblent à leurs parents, comment et pourquoi se produisent les mutations, et comment cette information génétique peut donner naissance à un organisme adulte à partir d'un œuf fécondé. Par ailleurs, nous comprenons bien mieux comment fonctionne la sélection naturelle, comment certains organismes peuvent évoluer de concert dans leur intérêt commun, comme ces plantes et ces insectes qui se dotent de structures permettant la fécondation de la plante et l'alimentation de l'insecte. Nous comprenons comment les adaptations peuvent se changer en structures nouvelles capables de remplir des rôles et des fonctions supplémentaires. Comment, par exemple, les nageoires d'un poisson, utilisées par quelque espèce primitive pour escalader péniblement le fond d'un lac, puis peut-être se dandiner autour du rivage, peuvent se changer en véritables pattes après un processus de développement évolutif. Ces pattes peuvent alors, dans une espèce plus tardive, se changer encore en ailes pour permettre l'envol. Toutes ces stupéfiantes idées sont issues du monde nouveau de la biologie moléculaire ; elles révèlent les secrets de la façon dont la vie a évolué, en dépassant tout ce que Darwin lui-même aurait trouvé stupéfiant. Sa théorie tient la route, dans son essence, mais

notre appréhension du mode de fonctionnement du processus est infiniment plus complexe que ne pouvait le démontrer la science débutante qu'était la biologie du temps de Darwin.

Il y a finalement mon propre domaine privé, en tant que paléontologue, moi qui me suis efforcé tout au long de ma carrière de forger des liens plus étroits entre les vestiges fossiles de l'histoire du vivant et nos idées sur la façon dont la vie évolue. Face à la version moderne de la théorie de Darwin sur une évolution lente, régulière



Image: National Science Foundation - E.-U.

Reconstitution du *Tiktaalik*, d'après un fossile découvert dans l'Arctique canadien en 2006. Le *Tiktaalik* illustre la transition du poisson à l'amphibien. Techniquement, c'est un poisson, mais avec la tête aplatie d'un crocodile. Il pouvait aussi se dresser sur ses robustes nageoires.

L'Albanie approuve sa stratégie pour la science

Le 29 juin, le Conseil des ministres a approuvé la *Stratégie de science, technologie et innovation de l'Albanie pour la période 2009–2015*. Le document a été mis au point par le Département de stratégie et de coordination des donateurs au cabinet du premier ministre, en coopération avec le ministère de l'éducation et de la science et avec l'assistance de l'UNESCO.

Il fixe cinq objectifs stratégiques pour 2015 :

- ▶ tripler le montant des dépenses publiques pour la recherche et le développement (R&D) afin qu'il atteigne 0,6 % du PIB ;
- ▶ accroître la part des dépenses extérieures brutes en R&D à partir de sources étrangères, y compris en provenance des programmes-cadres de recherche de l'Union européenne, afin qu'elles atteignent 40 % des dépenses de la recherche ;
- ▶ créer quatre ou cinq centres albanais d'excellence en science, disposant d'un équipement de laboratoire et de locaux dédiés qui pourraient servir de pré-incubateurs, de mise à l'épreuve, de certification etc. pour de nouvelles entreprises à contenu technologique ;
- ▶ doubler le nombre de chercheurs par des mesures incitant, à la fois, au « retour des cerveaux » – en instituant par exemple un système de subventions pour chercheurs jeunes ou revenant de l'étranger – et en formant de nouveaux chercheurs, notamment 500 docteurs en sciences, ce qui nécessite la création d'un à trois nouveaux cursus de doctorat dans des universités albanaises ;
- ▶ stimuler l'innovation dans 100 entreprises, soit en investissant dans la R&D locale, soit en établissant des liens de coopération avec des instituts universitaires de recherche ou des partenaires étrangers.

Un Plan d'action précisant les modalités opérationnelles complète la *Stratégie*. Celle-ci doit être mise en œuvre en synergie avec d'autres stratégies sectorielles, et en prenant en compte la *Stratégie de l'enseignement supérieur de l'Albanie* adoptée en 2008 et la *Stratégie nationale de développement et d'intégration* (2007–2013). Cette dernière souligne l'importance de moderniser les secteurs de l'économie tels que l'industrie agro-alimentaire et le tourisme. Elle insiste sur l'importance stratégique de la gestion de l'énergie, de l'environnement et des ressources en eau. Les parties prenantes ont proposé de placer en tête des priorités des domaines de recherche tels que l'agriculture et l'alimentation, les technologies de l'information et de la communication (TIC), la santé publique, l'albanologie et les humanités, les ressources naturelles, les biotechnologies, la biodiversité, la défense et la sécurité. Une analyse sectorielle plus poussée sera effectuée depuis la base vers le haut afin de fixer les priorités de la recherche.

L'Albanie, l'un des huit pays pilotes du programme Une seule ONU, est un petit pays, par la taille et la population (3,6 millions d'habitants). Même après deux décennies de croissance, le PIB annuel par habitant reste modeste, à environ 3 912 dollars (2008). La compétitivité économique et les exportations sont faibles, l'économie étant lourdement orientée vers la petite technologie. L'agriculture absorbe plus de 50 % de la population active.

6. *L'Albanie est devenue membre de l'OTAN au début de l'année.*

L'Union européenne (UE) s'est fixée, dans sa *Stratégie de Lisbonne*, des objectifs bien définis pour la recherche et l'innovation afin de devenir l'entité économique la plus compétitive du monde. Comme d'autres pays des Balkans occidentaux aspirant à adhérer à l'UE, l'Albanie est en retard dans son processus de développement, s'étant consacrée, ces dernières années, à jeter les bases de sa croissance économique.

Le vice premier ministre Genc Pollo reconnaît que « le niveau de développement socioéconomique requis par le processus d'adhésion de l'Albanie à l'Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (Otan)⁶ et à l'UE exige un renforcement du rôle de la science, de la technologie et de l'innovation dans notre société ». En août, le gouvernement a approuvé la création d'une Agence albanaise de recherche, de technologie et d'innovation, qui devrait faciliter la mise en œuvre de sa politique.

En 2006, le gouvernement albanais a entrepris une profonde réforme de son système de recherche scientifique. L'Académie des sciences a été réorganisée sur le modèle de beaucoup d'autres pays européens ; désormais gérée par un groupe de scientifiques sélectionnés, elle n'administre plus les instituts de recherche, ceux-ci ayant été rattachés à l'enseignement supérieur. Deux nouvelles facultés ont été créées : la faculté de technologie de l'information au sein de l'Université polytechnique de Tirana, et la faculté de biotechnologie et d'alimentation, à l'Université agricole de Tirana. Cette dernière se voit également dotée d'un Centre de physique appliquée et nucléaire et d'un département de biotechnologie. Douze agences et centres gouvernementaux de transfert de technologie ont aussi été créés.

Tout récemment encore, il n'y avait pas de statistiques de l'innovation recueillies en Albanie aux normes de l'OCDE, d'Eurostat ni de l'UNESCO. Une première enquête auprès des instituts publics et universitaires a été lancée au début de l'année ; une autre enquête sur la R&D des entreprises et de l'innovation est en cours, toutes deux avec le soutien de l'UNESCO.

Pour consulter la Stratégie : www.dsd.gov.al/; ou pour en savoir plus : www.unesco.org/science/psd/thm_innov/albania_science.shtml; i.nechifor@unesco.org

L'ONU adopte les services climatologiques

En allumant la radio ou la télévision, vous tomberez peut-être sur un bulletin climatique dans un avenir pas si lointain. Il pourrait vous apprendre que de fortes chutes de pluie sont attendues dans trois mois, ou que vous devez vous préparer à une vague de chaleur l'été prochain. Les prévisions climatiques ne sont que l'un des multiples services climatologiques qui ont été approuvés, le 4 septembre, à Genève (Suisse) au cours de la troisième conférence mondiale des Nations unies sur le climat.

Le Cadre mondial pour créer des services climatologiques fournira des alertes rapides de conditions météorologiques extrêmes et encouragera les échanges de données entre scientifiques et gouvernements. Avertis à temps, les agriculteurs, gestionnaires de l'eau, planificateurs de l'urbanisme et du littoral, législateurs nationaux et municipalités, entre autres, seront en mesure de s'armer contre les aléas. Si, par exemple, une sécheresse prolongée est prévue, un cultivateur saura ne pas semer des plantes gourmandes en eau.

Alors que les prévisions météo sont en général fiables à sept jours, les prévisions climatiques porteront, elles, sur des mois, voire des décennies. On espère que d'ici deux ans, il existera un cadre pour assurer ces services de façon coordonnée, si bien que toutes les parties prenantes des pays développés comme des pays en développement puissent accéder rapidement à ces informations.

L'UNESCO a organisé deux forums à Genève, l'un portant sur le climat et les femmes, l'autre sur le renforcement des capacités par l'éducation et la formation. « Le renforcement des capacités par l'éducation et la science » a été reconnu, par la suite, comme l'un des éléments clés du Cadre mondial pour créer des services climatologiques.

La Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO a contribué à la préparation de la séance sur la réponse à donner aux besoins d'information des populations côtières. Les experts ont souligné que les observations océaniques étaient la colonne vertébrale de tout service climatologique et que la prestation de tels services était tributaire de l'existence d'un Système mondial d'observation de l'océan (GOOS) qui soit complet et pérenne. Coordonné par la COI, GOOS alimente en informations et en données le Système mondial d'observation du climat.

La séance sur les eaux souterraines et le climat, organisée en marge de la conférence par la Division des sciences de l'eau de l'UNESCO, a souligné le fait que les eaux souterraines joueraient un rôle majeur dans la capacité de la société à s'adapter aux changements à venir, notamment à la lumière du nombre croissant de phénomènes météorologiques extrêmes tels qu'inondations et sécheresses. Cependant, les eaux souterraines ne sont pas représentées, à l'heure actuelle, comme elles le devraient dans les modèles du climat mondial. Cela est dû en partie à la difficulté d'évaluer les ressources souterraines et à la rareté des données, ainsi qu'à la méconnaissance du fait qu'elles font partie du cycle hydrologique, et donc du système climatique mondial.

Alors que la conférence de Genève portait sur les services climatologiques, considérés comme un moyen d'aider les pays à s'adapter au changement climatique, les pourparlers sur le climat qui se tiendront, à l'instigation des Nations unies, à Copenhague en décembre, vont tenter d'arracher un accord entre pays développés et pays en développement sur la réduction des émissions mondiales de carbone.

En 1979, la première conférence mondiale sur le climat avait lancé le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et le Programme mondial de recherche sur le climat. La deuxième, en 1993, aboutit à l'adoption de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques et au Système mondial d'observation du climat.

Pour en savoir plus : www.wmo.int/wcc3/page_fr.php

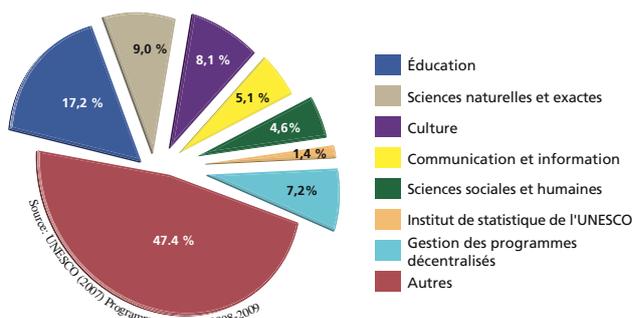
L'OCDE réévalue l'aide de l'UNESCO au développement

Le 18 juin, Koichiro Matsuura, Directeur général de l'UNESCO, a salué avec satisfaction la décision prise par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) de réviser son évaluation de la contribution que fait l'UNESCO à l'aide extérieure au développement (ODA), et de la faire passer de 25 % à 44 % de l'ensemble de ses activités. La décision entre en vigueur dès le prochain décompte des montants de l'ODA pour 2008.

M. Matsuura avait espéré que le Groupe de travail sur les statistiques du Conseil d'assistance au développement de l'OCDE aurait agréé sa demande de revaloriser le coefficient « jusqu'à 75 % au moins ». Il a, par ailleurs, regretté que le Groupe de travail ait exclu toute la palette des travaux normatifs de l'UNESCO, ainsi que ses activités dans les domaines de la culture et des sciences sociales. Le Groupe de travail considérait que l'ODA de l'UNESCO ne provenait que de ses activités en éducation, sciences naturelles et exactes, communication et information. Les activités du programme de l'UNESCO représentent un peu plus de la moitié de son budget ordinaire (*voir graphique*).

Ainsi révisé, le statut de l'UNESCO met également en valeur l'importance de l'assistance à long terme au développement, par opposition à l'aide d'urgence, domaine dans lequel l'UNESCO ne peut s'aligner dans la compétition avec son modeste budget biennal de 631 millions de dollars des États-Unis.

L'UNESCO est l'une des nombreuses agences internationales que le Groupe de travail examinait lors de sa réunion du mois de mai. Celui-ci a accepté de réexaminer, à l'occasion de sa réunion de juin 2010, le coefficient d'ODA de l'UNESCO, en dérogation à la règle qui veut que les coefficients fixés restent inchangés pendant au moins cinq ans. Le calcul de ce taux est important, dans la mesure où il peut avoir un impact sur les subventions que les États membres allouent au développement.



Répartition du budget ordinaire de l'UNESCO pour 2008-2009

La mobilité des étudiants en forte croissance

En 2007, plus de 2,8 millions d'étudiants se sont inscrits dans des établissements d'enseignement supérieur hors de leur propre pays, soit une augmentation de 53 % par rapport à 1999. C'est ce qui ressort du dernier Recueil des données mondiales sur l'Éducation de l'UNESCO, présenté, le 6 juillet, pendant la Conférence mondiale sur l'enseignement supérieur.

Les données sur la mobilité des étudiants, compilées par l'Institut de statistique de l'UNESCO, indiquent que l'Afrique subsaharienne manifeste la plus grande mobilité en direction des pays étrangers : 5,8 % en 2007, comparée à la moyenne mondiale de 1,8 %. En termes quantitatifs, c'est cependant en Chine que l'on dénombre le plus grand nombre d'étudiants vivant à l'étranger (environ 421 100). C'est l'un des 10 pays qui représentent 38 % des étudiants du total mondial d'étudiants expatriés. Les neuf autres pays d'origine sont l'Allemagne, le Canada, la République de Corée, les États-Unis, la France, l'Inde, le Japon, la Malaisie et la Fédération de Russie.

Les étudiants expatriés élargissent aujourd'hui le champ de leurs destinations. En 1999, un étudiant sur quatre choisissait les États-Unis contre un sur cinq en 2007. L'Afrique du Sud, l'Australie, le Canada, la France, l'Italie et le Japon restent non seulement des destinations recherchées mais ont également vu augmenter leur population d'étudiants expatriés. Parmi les pays qui ont émergé au nombre des pays hôtes se trouvent la Chine, la République de Corée et la Nouvelle-Zélande.

Autre tendance révélée par le *Recueil* : les étudiants restent de plus en plus à l'intérieur de leur région d'origine. En Amérique latine et dans les Caraïbes, par exemple, le pourcentage des étudiants expatriés restés dans la région est passé de 11 % en 1999 à 23 % en 2007. En Asie de l'Est et dans le Pacifique, 42 % sont restés dans la région en 2007 contre 36 % en 1999. L'Europe de l'Ouest (77 %) et l'Amérique du Nord (39 %) montrent peu de variations entre 1999 et 2007.

Pour bâtir des politiques adéquates, il est important de savoir quels types de formations sont les plus demandés au plan mondial. En 2007, près d'un étudiant expatrié sur quatre (23 %) était inscrit dans un cursus Gestion des entreprises. Les Sciences constituent la deuxième discipline la plus demandée, attirant 15 % des étudiants expatriés, suivie de la formation d'Ingénieur, Industrie et Bâtiments-Travaux Publics (14 %) et de Lettres et arts (14 %). Les grandes tendances des préférences par région suggèrent un lien entre la demande et les besoins du marché du travail dans les pays d'origine des étudiants. Les étudiants originaires de la région de l'Amérique latine et des Caraïbes par exemple, préfèrent Gestion des entreprises.

Le nombre de femmes parmi les étudiants expatriés a augmenté encore plus vite que celui des hommes. Toutefois, comme la majorité des pays ne fait pas état de la mobilité des étudiants selon leur sexe, ces estimations ne reposent que sur un petit nombre de pays hôtes. Les données recueillies sur l'enseignement supérieur montrent en général une amélioration de la position des femmes, au plan mondial, encore que les domaines d'étude restent nettement compartimentés : elles sont, par exemple, sous-représentées en Science et en Ingénierie.

Le rapport inclut une vue d'ensemble du financement de l'enseignement supérieur.

Pour en savoir plus : www.uis.unesco.org/publications/GED2009

Investir davantage dans l'enseignement supérieur

La Conférence mondiale sur l'enseignement supérieur s'est clôturée le 8 juillet à Paris, sur un appel demandant aux gouvernements d'augmenter les investissements dans l'enseignement supérieur, d'encourager la diversité et de renforcer la coopération régionale.

Le communiqué souligne que « l'enseignement supérieur doit poursuivre simultanément trois objectifs : équité, pertinence et qualité. » Il met l'accent sur l'importance des mécanismes de contrôle et d'assurance qualité, ainsi que sur la nécessité de valoriser les métiers de l'enseignement supérieur. En outre, il précise que les TIC doivent être davantage intégrées à tous les niveaux de l'enseignement supérieur pour répondre à la demande croissante des étudiants et permettre le partage des résultats de la recherche scientifique.

Le communiqué insiste sur la nécessité de renforcer la coopération régionale en termes de reconnaissance des qualifications, assurance qualité, gouvernance, recherche et innovation. Il fait également valoir combien il est important d'établir des aires régionales d'enseignement supérieur et de recherche.

Reflétant l'accent mis par la conférence sur la revitalisation de l'enseignement supérieur en Afrique, le communiqué lance des appels en faveur de l'adoption d'approches différenciées pour répondre à la progression rapide de la demande ; du renforcement de l'attention accordée aux domaines d'expertise tels que l'agriculture, l'environnement et l'extraction des ressources naturelles ; et de la mobilisation du financement privé. Des pays comme le Brésil, la Chine et la République de Corée ont exprimé leur engagement en faveur de l'enseignement supérieur en Afrique, sentiment partagé par les partenaires du secteur privé participant à la conférence.

En attirant l'attention sur la « pénurie mondiale d'enseignants », le communiqué appelle les acteurs de l'enseignement supérieur à actualiser la formation initiale et continue des enseignants avec des programmes leur permettant de fournir aux apprenants le savoir et les compétences nécessaires au 21^{ème} siècle.

La conférence a réuni 100 participants venus de près de 150 pays. Ministres, présidents d'universités, étudiants et hauts représentants du secteur privé, ainsi que représentants d'institutions régionales et multilatérales ont débattu sur des thèmes aussi variés que l'impact de la mondialisation, la responsabilité sociale et l'enseignement supérieur, la liberté des universités, la recherche et son financement.

Lire le communiqué : www.unesco.org/fr/wche2009/

L'UNESCO évalue les dégâts à Babylone

Le Rapport final de l'UNESCO sur l'évaluation des dégâts à Babylone a été présenté à la presse le 9 juillet. Élaboré par le sous-comité sur Babylone du Comité international de coordination pour la sauvegarde du patrimoine culturel de l'Irak de l'UNESCO, ce document fournit une évaluation technique exhaustive de la situation actuelle de ce site archéologique réputé et présente une liste de recommandations.

Le site archéologique de Babylone a servi de base aux forces de la coalition entre 2003 et 2004. Dans un rapport publié en 2005, le British Museum comparait cette intrusion à « l'établissement d'un camp militaire autour de la grande pyramide d'Égypte ou du site de Stonehenge en Grande-Bretagne ». Le rapport précise que la ville archéologique a subi d'importants dégâts dus à « des travaux de creusement, percement, arasement et nivelage ». Parmi les principales structures endommagées « figurent la porte d'Ishtar et le chemin de procession ».

Babylone a été la capitale de deux célèbres rois de l'Antiquité : Hammourabi (1792-1750 av. J.-C.), à l'origine d'un des premiers codes législatifs de l'Histoire, et Nabuchodonosor (604-562 av. J.-C.), qui a fait construire les jardins suspendus de Babylone, l'une des sept merveilles du monde. La ville se situe à 90 km au sud de Bagdad. Beaucoup reste encore à découvrir de la Babylone antique.

Le rapport rappelle que les autorités irakiennes ont mené un ambitieux projet de restauration archéologique de Babylone entre 1978 et 1987, dans le cadre duquel des bâtiments antiques ont été reconstruits et des équipements modernes introduits. Des travaux

d'aménagement majeurs ont également été entrepris, « au grand détriment du site », pour permettre la construction d'un nouveau palais pour Saddam Hussein. La ville archéologique a par la suite été pillée lors de la guerre en 2003 : des objets appartenant aux musées de Nabuchodonosor et d'Hammourabi ainsi qu'à la bibliothèque et aux archives de Babylone ont été dérobés et détruits. Enfin, après avoir servi de camp pour la coalition militaire en Irak entre avril 2003 et décembre 2004, Babylone a été restituée au Conseil des antiquités et du patrimoine irakien.

Il est « encourageant », a signalé la dernière mission en date, de constater qu'il n'existe « aucun signe de dégâts causés de manière intentionnelle ou accidentelle au site de Babylone depuis décembre 2004. Aujourd'hui, les problèmes majeurs sont dus à la négligence et au manque d'entretien. Tous les édifices restaurés de Babylone sont en mauvais état, en particulier les temples de Ninmah, de Nabû ša hare et d'Ishtar, les maisons babyloniennes et le palais sud de Nabuchodonosor ».

Rapport : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183134E.pdf>

Treize sites rejoignent le Patrimoine mondial

Le 28 juin, le Comité du patrimoine mondial a ajouté deux nouveaux sites naturels et 11 sites culturels à la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Pour le Burkina Faso, le Cap Vert et le Kirghizstan, c'est une première. Le Comité ayant également supprimé un site, à cause de la construction en cours d'un pont à quatre voies au cœur de la vallée allemande de l'Elbe à Dresde, la Liste compte désormais 890 biens.

Les deux nouveaux sites naturels sont : la mer des Wadden, qui comprend l'aire de conservation de la mer des Wadden néerlandaise et les parcs nationaux allemands de la mer des Wadden de Basse-Saxe et Schleswig-Holstein, l'un des derniers vastes systèmes intertidaux où les processus naturels se poursuivent pratiquement sans être perturbés ; l'autre site est celui des Dolomites, chaîne de montagnes du nord des Alpes italiennes. Ce site est d'un grand intérêt international pour la géomorphologie de pics, pinacles et murailles de roches, reliefs glaciaires et systèmes karstiques. Ce bien constitue l'un des meilleurs exemples de préservation des systèmes de plates-formes carbonatées du Mésozoïque contenant des traces fossiles.

Les 11 nouveaux sites culturels sont : le palais Stoclet (Belgique) ; les ruines de Loropéni au Burkina Faso (*voir photo*) ; Cidade Velha, centre historique de Ribeira Grande (Cap Vert), premier avant-poste colonial européen sous les tropiques ; le mont Wutai (Chine), montagne sacrée du bouddhisme, comprenant 53 monastères ainsi que le temple Shuxiang de la dynastie Ming ; Shustar et son système hydraulique historique en Iran (*voir photo*) ; la montagne sacrée de Sulaiman Too (Kirghizstan) ; la ville sacrée de Caral-Supe, vieille de 5 000 ans (Pérou) ; les tombeaux royaux de la dynastie Joseon, construits de 1408 à 1966 (République de Corée) ; la tour d'Hercule, phare romain à l'entrée du port de La Corogne, dans le nord-ouest de l'Espagne, datant de la fin du 1^{er} siècle après J.-C. ; La Chaux-de-Fonds/l'urbanisme horloger de Le Locle (Suisse) et l'aqueduc et le canal de Pontcysyllte (Royaume-Uni), situé dans le nord-ouest du pays de Galles, exploit du génie civil du 19^{ème} siècle.



© UNESCO/Yalda Mounery

Vue d'ensemble du barrage de Band-e-Mizan, dans la ville de Shustar, province du Khuzistan. Le système hydraulique historique de Shustar, en Iran, remonte à Darius le Grand, au 5^{ème} siècle av. J.-C.. Il a exigé la création de deux canaux de dérivation sur le fleuve Karun, dont celui de Gargar alimente toujours la ville de Shustar en eau par une série de tunnels qui fournissent en outre de l'eau à des moulins.

Dans le même temps, le parc marin du récif de Tubbataha a triplé sa superficie depuis qu'a été approuvée une extension comprenant le parc naturel des récifs de Tubbataha.

Par ailleurs, trois sites ont été inscrits sur la Liste du patrimoine mondial en péril de l'UNESCO : le réseau de réserves du récif de la barrière de corail du Belize, en raison notamment de la destruction des mangroves ; le parc national Los Katios (Colombie), menacé de déforestation, et les monuments historiques de Mtskheta (Géorgie) en raison de la sérieuse détérioration des pierres de construction et des fresques du site. Un autre bien a, par contre, été retiré de la Liste en péril, la cité fortifiée de Bakou, avec le palais de Shirvanshah et la tour de la Jeune fille (Azerbaïdjan).

Pour en savoir plus : <http://whc.unesco.org/fr/news/536> ; Album de photos : www.unesco.org/en/whc/photos

Notes de cours en accès libre

L'UNESCO et l'Institut international de sismologie et de génie parasismique (IISEE) au Japon mettent désormais gratuitement en ligne les notes de cours de l'Institut.

Les conférences de l'Institut traitent de sismologie, de génie parasismique, ainsi que des risques de tsunamis. Elles sont dispensées dans les cours internationaux de formation organisés par l'IISEE à l'intention des chercheurs et ingénieurs des pays en développement. Ces cours sont financés par l'Agence japonaise de coopération internationale et bénéficient de l'appui de l'UNESCO.

L'IISEE organise ces cours depuis son inauguration, en 1960. Aujourd'hui, plus de 1 300 scientifiques et ingénieurs de près de 100 pays sont passés par ces formations. Les notes de cours sont actuellement en anglais, mais l'IISEE accueille favorablement toute offre de traduction dans d'autres langues afin d'en élargir la diffusion.

Le Projet des notes de cours IISEE-UNESCO relève de la Plateforme internationale de prévention des catastrophes sismiques, lancée par l'UNESCO en juin 2007, en coopération avec l'IISEE, le ministère japonais du territoire, de l'infrastructure, des transports et du tourisme, ainsi qu'avec l'Institut japonais de recherches sur le bâtiment.

Pour consulter les notes de cours : <http://iisee.kenken.go.jp/Ina/> ; pour en savoir plus : b.rouhban@unesco.org

Beatriz Barbuy

Vie et mort des étoiles

© L. Oréat/Micheline Paléole



Nous les voyons scintiller dans le ciel nocturne, mais que savons-nous vraiment des étoiles au-dessus de nos têtes ? Beatriz Barbuy a étudié diverses populations stellaires de la Voie lactée avec des télescopes modernes qui nous permettent de pénétrer plus profondément que jamais dans les secrets de l'Univers. Ce sont, par exemple, le télescope spatial Hubble et le Très grand télescope de l'observatoire européen austral, dans le désert du Chili. Les étoiles visibles à l'œil nu se situent, pour la plupart, entre 10 et 100 années-lumière⁷ de la Terre. L'étoile la plus proche de nous après le Soleil est Alpha du Centaure. Comme elle se trouve à 4,3 années-lumière, nous la voyons telle qu'elle était il y a quatre ans. Grâce aux télescopes modernes, les astronomes peuvent remonter le temps sur des *milliards* d'années ; ils peuvent observer de lointaines galaxies telles qu'elles étaient à peine quelques milliards d'années après le Big Bang.

Professeur en titre, à l'Institut d'astronomie, géophysique et sciences de l'atmosphère à l'Université de São Paulo, au Brésil, Beatriz Barbuy s'est vu attribuer cette année l'un des cinq prix L'ORÉAL-UNESCO pour ses travaux sur la vie des étoiles depuis la naissance de l'Univers jusqu'à aujourd'hui. Elle explique ici comment déterminer l'âge approximatif d'une étoile, entre autres secrets.

En janvier 2002, une étoile projeta soudain une lumière au moins 4 000 fois plus vive qu'auparavant. Pendant plusieurs semaines, l'étoile supergéante V838 Moncerotis fut l'étoile la plus brillante de la Voie lactée. Sa luminosité diminua, mais en traversant l'espace elle illumine progressivement la poussière qui l'entoure, en formant ce que l'on appelle un « écho lumineux ». Une étoile dont la brillance s'intensifie de temps en temps s'appelle une nova. Les éclats projetés par les novas se produisent en général lorsque la gravité d'une naine blanche dense attire suffisamment de matière d'une étoile supergéante voisine pour provoquer une réaction à la surface de la naine.



Image : Télescope spatial Hubble

Que savons-nous de la formation des galaxies ?

Le Big Bang s'est produit il y a 13,7 milliards d'années. Trois minutes plus tard, l'hydrogène et l'hélium se sont formés et, 400 000 ans après, les noyaux d'hydrogène et d'hélium et leurs électrons se sont recombinés en atomes neutres. C'est seulement à partir de cette période que les structures de l'Univers ont commencé à converger localement sous l'effet de la gravité, alors même que l'Univers poursuivait son expansion. Il semble que les étoiles massives aient été les premiers objets à se former. Parmi elles, la plus éloignée, qui a explosé il y a 13 milliards d'années, a été récemment détectée par le satellite Swift. Par la suite, de petites galaxies se sont formées et ont commencé à s'agglomérer entre elles pour constituer de plus grosses galaxies.

De nos jours, nous pouvons créer des modèles informatiques qui montrent comment se sont formées les galaxies spirales et les galaxies elliptiques. L'observation des étoiles de galaxies nous en apprend également beaucoup sur la façon dont se forment les galaxies.

Comment naît une étoile et pourquoi meurt-elle ?

En dépit de l'expansion continue de l'Univers, des étoiles peuvent toujours se former, puisque la gravité est la force

dominante à l'intérieur d'amas locaux de galaxies et à l'intérieur des galaxies elles-mêmes. La formation des étoiles est due, essentiellement, à la contraction de nuages de gaz sous l'effet de la gravitation. Une étoile naît lorsqu'elle commence à enflammer l'hydrogène, puis elle le transforme en hélium, par le processus dit de nucléosynthèse. À la fin de ce stade, c'est ce qu'on appelle une étoile naine, comme notre Soleil.

Les étoiles massives passent par plusieurs stades, en brûlant d'abord l'hydrogène puis, dans l'ordre, l'hélium, le carbone, le néon, l'oxygène et le silicium. À travers toutes ces étapes de la nucléosynthèse, elles sont effectivement dans un état permanent de fusion nucléaire. Cela fournit à l'étoile son carburant pour toute sa vie et c'est ce qui explique la chaleur et la luminosité extrêmes qu'elle projette.

Après la formation des éléments du groupe du fer, le cœur de l'étoile va continuer à se contracter pendant quelques millions d'années jusqu'à devenir soit une étoile compacte à neutrons, soit un trou noir, selon la masse de l'étoile. Le reste de l'étoile sera éjecté sous la forme d'une explosion de supernova. Après l'explosion, il ne restera que l'étoile à neutrons ou le trou noir.

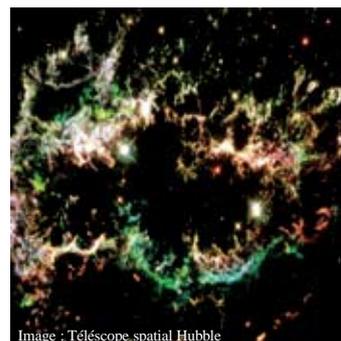


Image : Télescope spatial Hubble

Cassiopeia A est une supernova vestige d'une étoile massive qui a explosé. Elle se trouve à 10 000 années-lumière de la Terre et son diamètre est de 13 années-lumière. Le cœur compact d'une étoile explosée s'appelle une étoile à neutrons. Il n'y en a aucune de visible ici, mais il arrive qu'un pulsar se laisse entrevoir. Les pulsars sont des étoiles à neutrons en rotation, qui émettent un puissant faisceau de rayons électromagnétiques.

Les étoiles à neutrons sont difficiles à voir. Elles sont très chaudes et ce sont les objets les plus denses que nous connaissons. Leur diamètre ne dépasse guère les 16 km et pourtant elles sont plus massives que notre Soleil !

Les étoiles de faible masse, comme notre Soleil, ne passent pas par la majorité de ces stades, et n'explorent pas non plus. En fait, elles naissent lorsque l'hydrogène commence à brûler dans le cœur. Puis l'hélium se met à brûler, principalement dans la gangue qui entoure le noyau. Les étoiles à faible masse passent par un stade de nébuleuse planétaire, en éjectant des couches de gaz qui sont illuminées par l'étoile elle-même, avant de finir en naines blanches.

Comme les naines blanches, les étoiles à neutrons subsistent en tant que vestiges compacts de leurs étoiles, en principe pour toujours.

Dans notre galaxie spirale, où se situe le Soleil et de quoi est-il fait ?

Le Soleil est à environ 25 000 années-lumière du centre de la Voie lactée. Il se situe sur l'un des bras externes, celui d'Orion.

Le Soleil n'est constitué que de gaz. Son cœur contient un noyau central, entouré de plusieurs couches de gaz. La couche externe constitue l'atmosphère solaire que nous pouvons observer. En termes de masse, cette atmosphère comprend environ 70 % d'hydrogène, 28 % d'hélium et 2 % de divers métaux. L'oxygène est l'élément le plus abondant, après l'hydrogène et l'hélium : 0,06 % de cette atmosphère. Au cœur, là où se produit la fusion nucléaire, la composition du Soleil est très différente. Là, l'hydrogène se convertit progressivement en hélium.

Quand le Soleil mourra-t-il ?

Le Soleil est une étoile relativement jeune, à peu près de l'âge de la Terre, 4,5 milliards d'années. C'est, depuis sa naissance, une étoile naine, qui devrait le rester pour encore 4,5 à 5 milliards d'années. Mais il devient de plus en plus chaud. Le noyau central s'est déjà transformé en hélium et sa taille continuera à augmenter pendant encore 5 milliards d'années. Dès que 10 % du cœur du Soleil se seront transformés en hélium, le Soleil se dilatera jusqu'à devenir un géant rouge. Environ moins d'un milliard d'années plus tard, il deviendra une naine

blanche et perdra progressivement de son éclat. En tant que naine blanche, il mettra au moins 70 milliards d'années à refroidir avant de devenir un cristal (étoile diamant) conservant très peu d'énergie.

Avec le vieillissement du Soleil, qu'advient-il de la Terre ?

Dans quelques 500 millions d'années, la Terre sera trop chaude pour la vie humaine, et toute l'eau de surface se sera évaporée. Tel est le temps qu'il nous reste pour déménager vers une autre planète ! Dans environ 5 milliards d'années, lorsque le Soleil deviendra un géant rouge, son rayon va entrer en expansion et il engloutira la Terre.

Comment connaissons-nous l'âge du Soleil ?

L'âge du Soleil a été calculé d'après les éléments radioactifs trouvés dans les météorites qui ont échoué sur la Terre. Les astronomes mesurent la quantité de certains éléments, comme l'uranium, par rapport au produit de leur désintégration. Dans le cas de l'uranium, c'est du plomb qui est produit par sa désintégration. Ils utilisent aussi d'autres éléments, dont le samarium, le rubidium, le rhénium et l'osmium.

Ces météorites proviennent de régions du système solaire où la matière n'a pas réussi à créer une planète à partir des débris présents dans l'espace. En s'entrechoquant, ces débris forment un météoroïde. Une fois qu'il est entré dans l'atmosphère terrestre, on l'appelle une météoroïte.



La nébuleuse de l'Œil de chat est née lorsqu'une étoile mourante a éjecté dans l'espace ses couches périphériques de gaz. Cette nébuleuse planétaire sera visible jusqu'à ce que ses gaz se dissipent dans l'espace au cours des 10 000 années à venir. Elle se trouve dans la constellation Draco, à 3 000 années-lumière de la Terre. Son diamètre est de 1,2 années-lumière.

Image : Télescope spatial Hubble

Comment déterminer autrement l'âge d'une étoile ?

L'un des indices approximatifs de l'âge d'une étoile est sa métallicité. La quantité de métal qu'elle contient révèle si elle provient de gaz préalablement enrichis par plusieurs générations d'étoiles ou bien, comme dans le cas des plus vieilles étoiles pauvres en métaux, par un très petit nombre d'étoiles.

En astronomie, le terme de « métal » se rapporte à tout élément plus lourd que l'hydrogène ou l'hélium, mais le plus souvent spécialement au fer ou bien à l'oxygène. L'hydrogène et l'hélium sont les deux seuls éléments qui aient été produits en abondance pendant le Big Bang. Tous les éléments plus lourds (les métaux) ont été produits par la suite, par des fusions nucléaires dans le cœur des étoiles. À chaque nouvelle génération d'étoiles correspond une augmentation de la métallicité des gaz qui donneront naissance à de nouvelles étoiles.

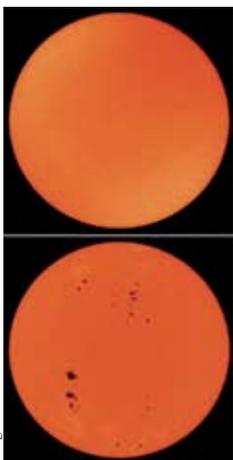


Photo prise le 27 septembre 2008 (en haut) d'un Soleil sans taches solaires et (en bas) du Soleil photographié le même jour de 2001, marqué de taches géantes et de flamboiements. Les taches solaires sont des régions plus froides de la surface du Soleil, qui peuvent influencer sur les conditions atmosphériques de l'espace. Le cycle habituel de 11 ans de l'activité des taches solaires s'était interrompu entre 1645 et 1715, période appelée minimum de Maunder. Pendant cette période, presque aucune tache ne fut visible à la surface du Soleil, et la température moyenne mondiale baissa sur la Terre. Les astronomes disent que 2008 a été l'année la plus pauvre en taches depuis 50 ans. Cette année a cependant connu un regain de leur manifestation.

Image: NASA



L'amas de jeunes étoiles appelé NGC 346 dans la galaxie du petit nuage de Magellan

N'avez-vous pas été la première à démontrer que les étoiles pauvres en métaux du halo galactique – bord externe d'une galaxie – sont nées dans les premiers temps ?

Ce n'est pas moi qui ai découvert le phénomène mais j'ai probablement été la première à en démontrer clairement une conséquence, à savoir la surabondance de l'oxygène dans les étoiles du halo galactique, « les étoiles du halo ». Nous savons que les étoiles pauvres en métaux du halo galactique possèdent une surabondance d'oxygène par rapport au fer. Je dois préciser ici que lorsque nous parlons d'une surabondance ou d'un excès d'oxygène ou de tout autre élément, nous prenons généralement le Soleil pour base de référence.

Que nous apprend cette surabondance ? Bien des choses en fait, car la quantité d'oxygène par rapport au fer est le second indice approximatif de l'âge d'une étoile. La composition des étoiles massives⁸ est faible en fer et forte en oxygène. Lorsque des étoiles massives explosent en supernovas, elles éjectent leurs métaux, principalement l'oxygène, le magnésium, le silicium, le calcium et le titane. Le fer ne vient qu'après, dans des étoiles moins massives. C'est pourquoi les étoiles riches en oxygène, nées juste après les premières étoiles massives, présentent un taux élevé d'oxygène par rapport au fer, ce qui indique qu'elles sont vieilles. C'est le cas de toutes les étoiles du halo galactique. Celles-ci ont donc dû se former dans les premiers temps, à partir de gaz enrichis par l'explosion d'étoiles massives.

Pendant, au centre des galaxies, certaines étoiles riches en métaux sont vieilles parce qu'en ce centre, plusieurs générations d'étoiles peuvent se succéder plus rapidement que dans d'autres régions, en raison de la densité des gaz.

Il existe d'autres moyens, plus précis, de déterminer l'âge des étoiles. On peut, par la spectroscopie, mesurer les éléments

radioactifs, comme le thorium ou l'uranium. En mesurant leur abondance actuelle et leur abondance probable au moment où les étoiles s'étaient formées, nous pouvons en déduire quelle quantité de cet élément a diminué par radioactivité et, à partir de là, calculer l'âge de l'étoile. Jusqu'ici, l'uranium n'a été utilisé que pour trois vieilles étoiles, en raison des difficultés à en suivre la trace. La trace est faible et ne peut être détectée que dans les étoiles qui ont un surplus d'éléments lourds.

La méthode la meilleure et la plus commune consiste à observer la luminosité des étoiles appartenant à un amas donné. On mesure chacune en deux couleurs, par exemple en lumière visible et en infrarouge⁹. Pour la première observation, un filtre ne laisse passer que la lumière visible, et pour la seconde que la lumière infrarouge. La différence de luminosité est projetée sur un diagramme, qui peut ensuite être comparé, par des calculs précis de localisation, à des étoiles ayant des masses légèrement différentes sur le même diagramme. Nous pouvons ainsi évaluer l'âge de l'amas d'étoiles d'après la répartition de la luminosité des étoiles qui le composent.

Pourquoi les étoiles très âgées forment-elles un amas ?

Toutes les étoiles naissent dans des nuages de gaz. À l'intérieur de ces nuages se forment progressivement des amas d'étoiles. Ils peuvent réunir quelques étoiles si le nuage de gaz est petit, ou bien constituer des amas dits globulaires dans le cas de nuages de la taille d'environ 1 million de masses solaires. Ces nuages riches en gaz sont présents lorsque les galaxies sont jeunes, mais à mesure qu'il en naît davantage avec le temps, il reste de moins en moins de gaz.

Dans notre propre galaxie, il n'existe plus de nuages de gaz d'1 million de masses solaires. Ce qui signifie que les vieux amas globulaires que nous observons dans notre galaxie se sont formés il y a longtemps, lorsque la Voie lactée était riche en gaz et commençait à donner naissance à des étoiles.

Toutefois, des galaxies naines irrégulières, comme les nuages de Magellan, qui sont des satellites de notre propre galaxie, ont commencé à former des étoiles bien après la Voie lactée, parce que le gaz n'était pas assez dense ; c'est pourquoi il reste encore beaucoup de gaz dans ces galaxies. Les nuages de Magellan sont en train de donner lieu à de nombreux amas globulaires de jeunes étoiles.

Interview réalisée par Susan Schneegans

Pour visionner bon nombre de ces photos et d'autres encore : www.hubblesite.org/gallery



Le petit et le grand nuage de Magellan sont des galaxies naines, parmi les plus proches voisines de la Voie lactée. Séparées de quelque 75 000 années-lumière, elles sont visibles à l'œil nu dans l'hémisphère sud. L'astronome persan Al Soufi appelait le grand nuage de Magellan « le Bœuf blanc » dans son Livre des étoiles fixes (964 ap. J.-C.)

7. Une année-lumière = 9,46 milliards de milliards de km, distance parcourue par la lumière en un an. La distance qui nous sépare des limites de notre système solaire est d'environ 1,6 année-lumière.

8. Une étoile massive a une masse environ 10 fois supérieure à la masse du Soleil, et le plus souvent entre 10 et 60 fois. Ici aussi, c'est le Soleil qui sert de référence ; nous utilisons l'unité : 1 masse solaire = la masse du Soleil. Le Soleil fait environ 109 fois le diamètre de la Terre et 330 000 fois sa masse.

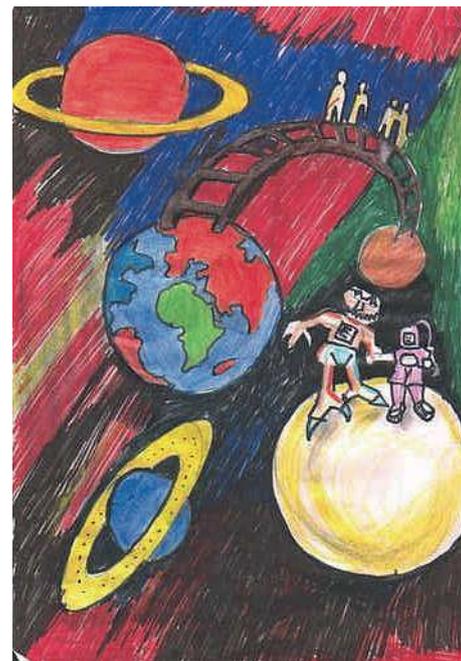
9. La longueur d'onde de la lumière infrarouge est plus grande que celle de la lumière visible. Plus l'étoile est froide, plus elle paraîtra brillante dans l'infrarouge.

Captivez-les très jeunes !

« Est-il vrai que l'on devient stérile après un voyage dans l'espace ? » a demandé un adolescent. L'ancien astronaute Jean-Jacques Favier l'a rassuré en souriant : l'absence de gravité n'a aucun effet sur les hormones d'une personne ni sur ses organes de reproduction. D'autres mains se sont levées : « comment dormir ou prendre un bain dans un vaisseau spatial ? » a demandé une fille. « Et que ressent-on lorsque l'on traverse aussi vite tant de fuseaux horaires ? »

Des ateliers comme celui-ci, qui fut organisé en Tanzanie en 2008, constituent le principal élément du Programme d'éducation spatiale de l'UNESCO. Jean-Jacques Favier, du Centre national français d'études spatiales, appartient à une équipe d'experts qui consacrent une partie de leur temps à faire des conférences devant des collégiens, des lycéens et leurs professeurs sur des sujets tels que l'exploration spatiale, l'astronomie, les technologies des fusées et la télédétection. S'inquiétant de la baisse d'intérêt des jeunes pour les carrières scientifiques, il s'efforce de motiver le jeune public en partageant avec lui son expérience vécue d'astronaute.

« Mon dessin représente des amis qui s'en vont en vacances de planète en planète ». C'est ainsi que Dilan Thakrar, enfant kenyan de 7 ans, décrit son travail pour le concours de dessins sur *La vie dans l'espace*, réservé aux enfants de 6 à 10 ans, organisé par l'UNESCO, le Centre spatial de Norvège et EURISY. C'est l'un des dessins primés, qui ont figuré dans un calendrier spécial de l'UNESCO en 2005.



« Je ne manque jamais de rappeler aux élèves que leur rêve peut toujours se réaliser, à condition qu'ils soient décidés et tenaces », dit Favier. « Si un(e) élève veut devenir astronaute, il ou elle doit se préparer à faire des études supérieures et, une fois choisi(e) pour le programme d'astronaute, être très patient(e), car l'attente entre la sélection et l'affectation à une première mission peut prendre 8 à 10 ans ».

« Les critères de sélection ont toutefois été assouplis », ajoute-t-il « et ne se limitent plus aux pilotes ». Lui-même ingénieur et physicien, il a été le premier scientifique français à voyager dans l'espace. Il se rappelle que, sur sa première mission, en 1996, « l'équipage comprenait un médecin et un vétérinaire qui, comme moi, effectuaient des expériences. Même si la plupart des élèves n'auront jamais l'occasion de voyager dans l'espace », conclut-il, « ils devraient se rappeler que la science leur ouvre bon nombre de carrières passionnantes ».



Des élèves colombiens construisent des fusées en bouteilles de plastique, propulsées par de l'eau, pendant un atelier de l'UNESCO en 2005. Étant totalement inoffensive, l'eau sert de « combustible de lancement ». Les élèves lanceront ensuite leurs fusées dans un terrain découvert proche, en utilisant des pompes à air.

L'espace fait partie de notre vie quotidienne

Alors qu'au début, l'espace extra-atmosphérique a été exploré à des fins militaires, essentiellement par les États-Unis et l'ex-Union soviétique, c'est aujourd'hui le domaine des agences spatiales nationales et de sociétés privées œuvrant pour le développement socioéconomique et technologique. Les satellites de navigation et de communication ont révolutionné notre mode de vie. Les voyages habités vers la Lune et les missions exploratoires par des robots et des navettes spatiales ont fait progresser les connaissances sur le système solaire; des instruments perfectionnés tels que le télescope spatial Hubble¹⁰ nous aident à connaître l'Univers très lointain.

Ce que beaucoup de personnes ignorent, c'est qu'une bonne part de la technologie conçue pour ces missions trouve aujourd'hui ses applications dans la vie quotidienne. Le téléphone portable, les transmissions par satellites et même des objets aussi ordinaires que les couches jetables, les fours à micro-ondes, les survêtements ultra légers et les fermetures en velcro, sont tous des retombées de missions passées.

Nous sommes arrivés à un point de non retour. Nous ne pouvons effacer les découvertes des 50 années de l'ère spatiale, ni tourner le dos à l'utilisation et à l'exploration futures de l'espace. La question est alors: faisons-nous le nécessaire pour que les scientifiques d'aujourd'hui aient des successeurs lorsqu'ils prendront leur retraite ?

L'UNESCO contribue à la préparation de la prochaine génération de scientifiques de l'espace. Depuis 2002, son programme d'éducation spatiale encourage l'enseignement de ce savoir dans les écoles et les universités, notamment dans les pays en voie de développement. Il encourage également les pays à intégrer ces disciplines dans leurs cursus. Le programme porte sur trois disciplines principales : science spatiale ; ingénierie spatiale et aéronautique ; applications des technologies spatiales.

Bien que jusqu'ici presque tous les ateliers se soient adressés aux élèves du secondaire, la formation des maîtres est tout aussi importante. Dans le cadre de l'actuelle Année internationale de l'astronomie, l'UNESCO et l'Union astronomique internationale ont organisé deux ateliers pilotes de formation à l'astronomie pour des enseignants de l'Équateur et du Pérou. Ces ateliers inaugurent une approche nouvelle de l'enseignement de cette discipline en salle de classe.

Le programme de toute une journée

Depuis 2004, l'UNESCO a organisé des ateliers sur l'espace pour des écoles de Colombie, Équateur, Nigeria, Pérou, Philippines, Vietnam et Tanzanie. D'autres sont prévus pour la Syrie en décembre 2009 et pour d'autres pays arabes en 2010. Les bureaux régionaux de l'UNESCO jouent un rôle important dans la préparation de ces ateliers.

L'atelier débute par un exposé très vivant sur l'exploration humaine de l'espace. Les élèves sont ensuite sous le charme d'une conférence sur les fondements de l'astronomie. Ils apprennent que c'est l'une des plus anciennes sciences du monde, utilisant ici et là des notions de mathématiques et de physique. Puis, lorsque des experts du Planétarium Armagh du Royaume-Uni ou du Planetario de Bogotá, en Colombie, donnent des conférences sur l'exploration de la Lune et de Mars, les élèves voient entrer en scène d'autres disciplines scientifiques comme la biologie, la chimie et la géologie.

Ils sont ensuite initiés aux technologies des fusées. L'atelier leur présente les bases de l'aérodynamique, de la mécanique des structures et de la propulsion, la troisième loi de Newton (action-réaction) et la loi de conservation du moment cinétique. Ils apprennent à construire une fusée à eau. La méthode consistant à traduire immédiatement la théorie en pratique s'avère efficace car l'information est ainsi rapidement assimilée.

Cette activité s'effectue en coopération avec le Centre d'éducation spatiale de l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA), qui organise de nombreuses activités autour des fusées à eau, notamment pour les élèves du primaire et du secondaire de la région Asie et Pacifique. Ses experts déclarent avoir été frappés par la rapidité de compréhension et la concentration des élèves pendant les travaux pratiques, qui stimulent aussi leur esprit d'équipe.

Les bases de la télédétection sont ensuite exposées dans ces ateliers. Il s'agit là de la collecte d'informations sur un objet ou un phénomène loin de tout contact physique. Une fois que les satellites ont pris

des images de la Terre, ces données brutes doivent ensuite être traitées pour étudier les différents terrains et zones faille, surveiller les volcans, évaluer les bassins versants ou quantifier les ressources en eau. Élèves et enseignants découvrent alors que les images satellitaires peuvent aussi bien servir à dresser la carte d'une ville ou d'un pays, avec rues, autoroutes, fleuves et lacs. Après la conférence, les enseignants reçoivent un module didactique utilisant le logiciel Spring de traitement d'images mis au point par l'Institut national brésilien de recherches spatiales¹¹.

L'atelier se termine par un concours de lancement de fusées à eau, suivi d'une séance d'observation du ciel nocturne, dans la mesure où la météo le permet. Cette séance bénéficie des télescopes offerts par l'UNESCO aux écoles participantes, en coopération avec le programme Permission de rêver de la National Space Society et avec Meade Instruments. Les écoles sont invitées à utiliser leurs télescopes pour des cours itinérants d'astronomie, notamment en zones rurales. D'ici la fin de l'année, l'UNESCO recevra des télescopes offerts par Explore Scientific, grâce à un accord de coopération. D'autres télescopes, à bas prix et faciles à monter, sont proposés au titre du projet phare Galileoscope, de l'Année internationale de l'astronomie¹². En outre, le Japon distribue des télescopes « Tu es Galilée » à des écoliers de pays asiatiques.

Les ateliers d'éducation spatiale sont organisés dans plusieurs villes d'un même pays, afin d'intéresser le plus grand nombre d'enseignants et d'élèves. À la fin du dernier atelier, les organisateurs nationaux dressent, avec l'UNESCO et l'équipe d'experts, un projet pilote national d'éducation spatiale. Il servira de cadre pour la mise en place de l'éducation spatiale dans le pays.

Ils ont fait un pas de plus

Plusieurs pays se sont préparés à intégrer la science et la technologie spatiales dans les programmes scolaires. Nous examinons ici les stratégies de trois d'entre eux : Équateur, Nigeria et Philippines.

L'**Équateur** assure le secrétariat temporaire de la cinquième Conférence de l'espace pour les Amériques (2006-2009). Cet organe, émanant du Comité des Nations unies pour l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, en coopération avec les agences spatiales, a pour mission de mettre au point et de coordonner les activités de l'ensemble de la région en science et technologie spatiales dans tout ce qui a trait à la gestion des catastrophes, l'éducation, la santé et la surveillance de l'environnement.

Depuis 2007, l'Équateur organise avec l'UNESCO des ateliers nationaux et régionaux afin de sensibiliser les élèves



La semaine mondiale de l'espace

La Semaine mondiale de l'espace a lieu tous les ans du 4 au 10 octobre. Son objectif est de sensibiliser les décideurs et le grand public aux avantages de l'utilisation pacifique de la science et de la technologie spatiales dans l'intérêt du développement durable.

Elle a été officiellement déclarée manifestation annuelle, en 1999, par l'Assemblée générale de l'ONU. Elle commence et se termine aux dates anniversaires du lancement du premier satellite artificiel, *Sputnik 1*, le 4 octobre 1957, et de la signature du Traité sur l'espace, le 10 octobre 1967.

Pour en savoir plus : www.worldspaceweek.org/

Des enfants vietnamiens découvrent le nouveau télescope de leur école, offert par l'UNESCO en mars 2006.

Pays ayant une agence spatiale gouvernementale*

AFRIQUE DU SUD
ALGÉRIE
ALLEMAGNE
ARABIE SAOUDITE
ARGENTINE
AUSTRALIE
AUTRICHE
AZERBAÏJAN
BANGLADESH
BELGIQUE
BRÉSIL
BULGARIE
CANADA
CHILI
CHINE
COLOMBIE
DANEMARK
ÉGYPTE
ÉTATS-UNIS
ESPAGNE
FINLANDE
FRANCE
GRÈCE
HONGRIE
INDE
INDONÉSIE
IRAN
ISRAËL
ITALIE
JAPON
KAZAKHSTAN
MALAÏSE
MAROC
MONGOLIE
NIGERIA
NORVÈGE
OUBÉKISTAN
PAKISTAN
PAYS-BAS
PÉRU
POLOGNE
PORTUGAL
RDP DE CORÉE
RÉP. DE CORÉE
RÉPUBLIQUE TCHÈQUE
ROUMANIE
ROYAUME-UNI
RUSSIE
SUÈDE
SUISSE
SYRIE
THAÏLANDE
TUNISIE
TURQUIE
UKRAINE
URUGUAY
VENEZUELA
VIETNAM

*Ou bien une commission spatiale, un office spatial, un institut ou une organisation de recherches spatiales, un institut de science et technologie de l'espace ou un centre de télé-détection. Le Mexique est censé concrétiser cette année la création d'une agence spatiale nationale. L'Équateur possède une agence spatiale civile.

et les enseignants à l'importance et à l'utilité des sciences spatiales. Ces ateliers viennent renforcer les efforts déployés par le ministère de l'éducation pour valoriser les sciences naturelles et les sciences sociales dans le secondaire afin de bien préparer les jeunes à la poursuite de leurs études supérieures. Le ministère de l'éducation révisé actuellement les programmes scolaires dans le cadre d'un *Plan décennal de l'éducation* (2006–2015). La science spatiale fait partie des disciplines inscrites dans le Plan.



Des élèves nigériens apprennent à reconnaître les diverses parties d'un lanceur, lors d'un atelier organisé par le Centre d'Afrique affilié aux Nations unies.

Le **Nigeria** est le troisième pays africain, après l'Afrique du Sud et l'Algérie, à être présent dans l'espace. En 2003, il a lancé NigeriaSat-1, avec l'aide de la Russie, dans le cadre de la Constellation de surveillance des catastrophes, et le NigComSat-1, en 2007, en coopération avec la Chine, en vue de développer les télécommunications en Afrique.

Dans le même temps, le gouvernement prend des mesures pour renforcer les capacités en science et technologie spatiales. Le Nigeria est le siège du Centre d'enseignement de la science et de la technologie spatiales en Afrique, affilié aux Nations unies, qui dispense des cours de troisième cycle. Il organise également deux fois par an des ateliers pour les écoles primaires et secondaires. Les élèves peuvent ainsi assister ou participer à des expériences, découvrir des maquettes de fusées, de lanceurs et de satellites, et voir des films sur le système solaire et autres sujets.

Le Centre a commencé à introduire la science spatiale dans les programmes

scolaires du pays, en coopération avec l'UNESCO. En mai 2007, enseignants et responsables de programmes de tout le pays ont participé à un atelier national sur le thème : Soutenir l'avenir du développement de la science et technologie spatiales au Nigeria : Nécessité d'enseigner l'espace à l'école. Le contenu des programmes est en cours de test cette année, avant d'être soumis au ministère de l'Éducation pour une période de mise en œuvre pilote.

Sous l'égide de l'Institut d'enseignement des sciences du Département de science et technologie, les **Philippines** ont créé en 2005 un Comité consultatif national sur le programme d'éducation spatiale (NACPSEP). Depuis, plusieurs ateliers et campagnes de sensibilisation ont été organisés tous les ans dans diverses régions du pays.

En 2007, un atelier préparatoire traitait de trois stratégies complémentaires : conception d'un cursus national d'éducation spatiale assorti de ressources pédagogiques répondant aux normes internationales ; préparation d'un programme de sensibilisation pour promouvoir la science et la technologie spatiales accompagné d'une diffusion plus large auprès du public des informations sur les bienfaits de l'espace ; conception d'activités à court et à long terme pour la Semaine mondiale de l'espace. Les Actes de cet atelier fournissent au NACPSEP des lignes directrices pour la conception et la mise en œuvre d'un programme national d'éducation spatiale. En même temps, l'Université technique Rizal de Manille a créé cette année un Mastère d'astronomie, le premier du pays.

Se préparer au monde de demain

À voir l'enthousiasme soulevé par ces ateliers depuis cinq ans, il est évident que l'espace fascine les jeunes comme les moins jeunes. Les connaissances sur l'espace développent la pensée critique et les capacités de décision et de résolution commune de problèmes complexes, toutes composantes d'une éducation de qualité. En se servant de l'espace comme point d'entrée, le programme d'éducation spatiale de l'UNESCO ajoute une dimension passionnante à l'enseignement des sciences.

À plus long terme, la science et la technologie spatiale nous aident à comprendre quelle est notre place dans l'Univers et comment fonctionne notre planète. Pour la Terre, elles fournissent, aux niveaux local et mondial, des informations sur le changement climatique, la dégradation de l'environnement ou le déboisement, par exemple. En offrant aux jeunes les compétences et les connaissances dispensées par l'éducation spatiale, nous faisons en sorte qu'ils soient plus à même de relever les défis du monde de demain.

Yolanda Berenguer¹³

Pour en savoir plus : www.unesco.org/en/earth/space-education

10. Qui sera remplacé en 2013 par le télescope spatial James Webb
11. Module également téléchargeable sur le site web du Comité sur les satellites d'observation de la Terre (CEOS). L'UNESCO a présidé, de 2005 à 2007, le Groupe de travail du CEOS sur l'éducation : www.ceos.org
12. Pour en savoir plus : <https://www.galileoscope.org/gs>
13. Coordinatrice du Programme d'éducation spatiale de l'UNESCO et Point focal de l'UNESCO pour l'Année internationale de l'astronomie : y.berenguer@unesco.org

Faire un pas en arrière

La Réserve de biosphère de Malindi Watamu, au Kenya, et celle de Braunton Burrows–Nord Devon, au Royaume-Uni, ont beaucoup de points communs. Elles ont beau être séparées par des milliers de kilomètres et avoir des climats différents, elles partagent les mêmes problèmes. Bien que l'une possède une côte parsemée de récifs coralliens, de plages de sable et de mangroves, et que l'autre abrite des marécages, des dunes et des plages appréciées pour le surf, toutes les deux sont en première ligne dans la lutte contre les éléments. L'élévation du niveau de la mer et l'érosion rongent leur superbe littoral, menaçant l'économie et les moyens d'existence de leurs populations. Les habitats de faune et de flore et les plages – un trésor pour le tourisme – sont en butte non seulement aux phénomènes naturels mais aussi à un aménagement non durable. L'an dernier, les communautés de Malindi Watamu et du Nord Devon se sont lancées dans une expérience. En jumelant leurs réserves de biosphère, chacune espère apprendre de l'autre comment s'adapter au mieux à l'évolution de leur monde.

Le niveau de la mer s'élève partout dans le monde, phénomène qu'il sera impossible d'arrêter. Or, dans le Nord Devon, c'est précisément ce que certains habitants espèrent encore pouvoir faire.

Les recherches effectuées au Royaume-Uni indiquent que 20 % des importants habitats intertidaux risquent de disparaître dans les 20 prochaines années par suite de l'élévation du niveau de la mer. Il faudra remplacer ces marécages saumâtres car ils défendent efficacement les terres contre l'inondation. Si l'on a un marais saumâtre devant une digue, point n'est besoin qu'elle soit très robuste, ni très résistante, car le marais absorbe l'énergie des vagues et de la marée avant qu'elles ne heurtent ces défenses.

Dans le Nord Devon, l'équipe de la réserve de biosphère a étudié, avec les P^r John Pethick et Julian Oxford, la question de savoir quelles seraient exactement les modifications de l'estuaire et du proche littoral au cours des 100 années à venir. Les habitants ont été impliqués dans l'étude afin que soit tiré le meilleur parti du savoir local aussi bien que des connaissances

scientifiques. Les résultats ont été alarmants : ils mettaient à mal les anciennes théories sur la façon dont le rivage s'était constitué, les causes des problèmes constatés et la façon de les gérer. L'étude concluait que la morphologie du littoral allait probablement subir une modification radicale.

Pour aboutir à ces nouveaux modèles conceptuels, qui nécessiteront davantage de vérification, les scientifiques ont établi un jeu de données sur la forme actuelle de l'estuaire et de la côte, à l'aide du LiDAR (télé-détection par laser aéroporté), associé à des études bathymétriques, et ont obtenu un modèle numérique unique de l'élévation en 3D du bassin estuarien. Pethnick a choisi de concevoir son modèle d'après le changement prévu du volume d'eau pénétrant dans l'estuaire par suite du relèvement progressif du niveau de la mer considéré comme principal facteur de modification de la géomorphologie de l'estuaire. Du fait que les modèles du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec), ainsi que ceux de l'Office météorologique du Royaume-Uni, suggèrent qu'à l'avenir la pluviosité hivernale pourrait augmenter, ce qui renforcerait le débit des rivières, le modèle de Pethick prend également en compte ces phénomènes. Cette projection pour les cent prochaines années nous prouve qu'il est temps de revenir en arrière et de laisser les processus naturels suivre leur cours sur la côte du Nord Devon.



Dans le Devon, Clovelly, village typique de pêcheurs, cramponné à des falaises qui s'érodent. Sur les 150 000 habitants de la réserve de biosphère, 60 000 vivent à moins d'1 km de la côte et de l'estuaire.



La plage d'Instow, système estuarien du confluent des rivières Taw et Torridge. Le littoral de la réserve de biosphère forme une vaste baie où se situent cet estuaire et deux grandes langues de terre. L'une est le système de dunes de 1 300 ha de Braunton Burrows, l'autre est Northam Burrows (250 ha), constituée d'une moindre accrétion de sable et de vastes zones de marécages bas, abrités par une crête de galets.

Inonder des terres agricoles

Comme dans beaucoup d'autres estuaires, la périphérie de celui de la Taw-Torridge du Nord Devon est habitée et exploitée en terres agricoles, à l'abri de ses défenses contre l'inondation. Plusieurs habitats remarquables de marécages saumâtres et de laisses de vase s'étendent devant ces remblais. C'est un cas classique d'« étranglement des côtes », où l'élévation du niveau de la mer réduit l'extension de la zone intertidale à l'avant des défenses. Or, ces zones fournissent des services : écloséries de poissons et dissipation de l'énergie des vagues. Leur disparition déclenche une réaction en chaîne, au plan financier, et menacera les droits de propriété.

L'équipe de la réserve de biosphère a commencé à rétablir certains marécages saumâtres. Il a fallu, pour ce faire, remettre en eau des terres agricoles riveraines, opération qui n'a pas suscité de contestation. Toutefois, la recommandation de rendre à la mer la bouche de l'estuaire a provoqué la colère de la communauté.

Abandonner la crête de galets

La rive sud de l'estuaire est protégée par une énorme crête de galets gris. Ces dernières années, pendant les tempêtes de marée haute, les vagues ont rapidement déplacé les galets par endroits et ouvert une brèche dans la crête. Elles ont aussi commencé à ébranler les dunes situées derrière la plage.

Par le passé, la municipalité réparait la crête en repoussant les galets dans les brèches à l'aide de matériel lourd. Mais ces dernières années, cette politique coûteuse et destructrice a été abandonnée pour laisser la mer inonder les terres intérieures, appelées Northam Burrows. Le conseiller local Andrew Eastman pense que c'est une erreur, comme bon nombre d'habitants mécontents. « Nous devons reconstruire maintenant



Image fixée du film : Marées montantes

Des élèves du Bideford College mesurent la crête de galets. Sophie Bosworth tient le bloc-notes, l'élève en face d'elle tient le clinomètre, appareil classique de géographie, qui détermine l'angle de la pente de la crête. Derrière, les élèves utilisent des compas, règles coulissantes qui mesurent la dimension et l'aplatissement des galets, aussi bien sur la crête que sur et sous la face.

la crête » déclare-t-il, « afin d'empêcher l'eau de submerger la côte et ainsi gagner du temps ».

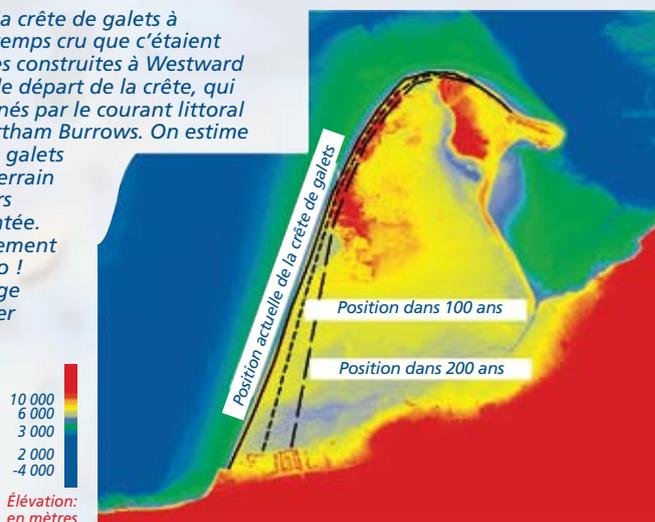
Mais cette solution coûteuse n'est absolument pas durable. La preuve en est donnée par la modélisation portant sur les 100 prochaines années, à l'aide des données LiDAR, aussi bien que d'autres indicateurs géomorphologiques tels que les anciennes plages surélevées, vestiges des temps où le niveau de la mer était bien plus haut, dans les périodes interglaciaires. Le géologue local Peter Keene signale que Northam Burrows a plusieurs fois disparu, par le passé, le niveau de la mer étant monté de 8 m il y a environ 125 000 ans, et que cela se reproduira.

L'une des victimes de la précarité de la crête de galets sera probablement le terrain de golf local, ce qui chagrine la communauté des golfeurs. Sur le conseil de l'équipe de la réserve de biosphère, leur club a commencé à refaçonner son terrain pour prendre en compte l'empiètement de la mer.

Inciter les habitants à décider avec leur tête

Pour les habitants d'un pays développé, les termes de « changement climatique » évoquent surtout la désertification galopante du Sahel, ou l'accentuation des moussons en Inde. Ils ont le sentiment que les effets probables les plus graves du changement climatique seront trop éloignés dans l'espace et trop lents pour qu'ils en ressentent l'urgence chez eux.

Emplacements prévisibles de la crête de galets à Northam Burrows. On a longtemps cru que c'étaient les anciennes défenses côtières construites à Westward Ho ! juste à l'ouest du point de départ de la crête, qui empêchaient les galets entraînés par le courant littoral de former la crête devant Northam Burrows. On estime désormais que cette masse de galets provient d'un glissement de terrain qui s'est produit il y a plusieurs siècles et qui n'est plus alimentée. Il a coïncidé avec le développement du village côtier, Westward Ho ! L'orientation de la crête change avec le temps afin de s'opposer frontalement aux vagues dominantes.



Source : Réserve de biosphère de Braunton Burrows-Nord Devon

Il n'est pas facile de faire comprendre aux habitants qu'une élévation du niveau de la mer de 2,5 mm par an donne, avec les années, un total considérable, surtout si on leur dit que le rythme va s'accroissant dans les prochaines années. Ils réagissent souvent en fonction de leurs sentiments et non de leur raison au moment de prendre des décisions difficiles, telles qu'abandonner ou non la terre à la mer. Situer la perspective temporelle de l'impact tout juste au-delà de la longévité

de la communauté actuelle aide à dépersonnaliser les problèmes et peut donner aux citoyens l'espace nécessaire pour mettre en place un ensemble de mesures qui leur vaudront la reconnaissance de leurs enfants et petits-enfants.

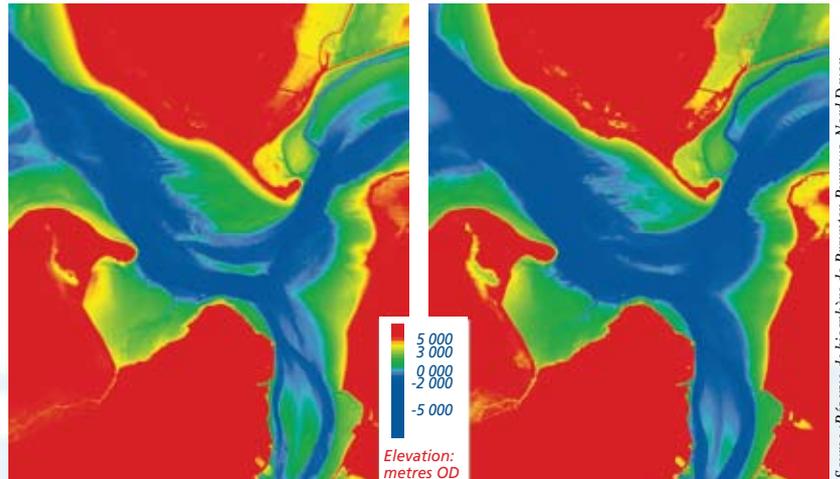
Ce sont les jeunes qui semblent le plus à même de penser l'avenir. Les élèves du Bideford College ont lancé un projet collectif pour mesurer l'amplitude de l'élévation du niveau de la mer sur leur plage et sur la crête de galets. Ils prennent des photos et ont créé un site web, qu'ils appellent *The Big Climate Thing*¹⁴, afin de tenir le public informé. Le projet « m'a fait prendre conscience de la façon dont le changement climatique affecte déjà notre propre territoire » dit la jeune Sophie Bosworth, élève du collège. « Surtout près de la rivière et des plages. Nous avons observé la crête de galets et son recul, comment la mer l'érode et produit ce changement, ainsi que les conséquences que cela aura pour les terres situées derrière elle ».

Inquiétude au paradis

Pendant ce temps, dans la Réserve tropicale de biosphère de Malindi Watamu, sur le littoral kényan, tous les regards sont tournés vers les mangroves et les plages. Dans la réserve, des baies couvertes de vastes forêts de mangroves assurent les mêmes fonctions que les marécages saumâtres du climat tempéré du Nord Devon : éclosiers de poissons et dissipation de l'énergie des vagues. La rivière Sabaki, qui se jette dans cette partie de la côte, transporte les sédiments des sols érodés du bassin versant, qui étouffent les coraux. Cette source de stress vient s'ajouter à une élévation de la température de la mer et à la menace d'une acidification des océans. L'élévation du niveau de la mer conjuguée à un probable prélèvement excessif d'eau douce au long de la côte a, en outre, donné lieu à des rapports selon lesquels certains puits deviennent de plus en plus salins en raison d'une infiltration d'eau de mer à travers le calcaire perméable.

La côte prise en tenailles

Le Kenya jouit d'une législation qui protège une bande de plage de 30 m au-dessus du niveau moyen des hautes eaux, dans l'intérêt de la conservation. C'est là que les tortues de mer nidifient. Cette bande constitue en outre une zone tampon efficace contre l'intensification des tempêtes de mousson de l'océan Indien.



Ces deux images montrent la perte de largeur de la plage après une simple élévation d'1 m du niveau de la mer, sans compter l'aggravation de l'érosion. À gauche, la situation actuelle.

Source : Réserve de biosphère de Braunion Burrows-Nord Devon

Nous sommes cependant confrontés à l'érosion de cette bande de plage. La menace provient à la fois de la mer et d'une augmentation inquiétante des constructions sauvages sur la terre, qui empiètent sur la plage. Les mêmes symptômes « d'étranglement de la côte » se produisent ici, mais des deux côtés à la fois !

Steve Trott, président de l'Association marine de Watamu, remarque que l'érosion sur la plage du parc marin de Watamu, l'une des principales plages de nidification des tortues de mer du Kenya, s'est accélérée depuis 2004. « Si bien que les tortues sont désormais obligées de pondre dans cette partie toujours plus étroite de la plage qui est inondée » dit-il, « où les nids sont en danger d'être emportés par les vagues et détruits ».

De même qu'en Grande-Bretagne, les esprits s'échauffent lorsqu'il s'agit de protéger le littoral et la faune. L'Organisation de la réserve de biosphère de Watamu s'est alliée à l'Association marine de Watamu afin de surveiller l'application de la loi qui protège le cordon de 30 m. L'Association a déjà réussi à défendre sa cause devant le Tribunal national de l'environnement en interdisant la construction de villas pour touristes au Blue Lagoon, une superbe baie naturelle.

S'assurer le concours de la population

Ce n'est pas simplement l'impact de l'élévation du niveau de la mer qui inquiète le comité de gestion de la Réserve de biosphère de Malindi Watamu. Le principal problème est la pauvreté. Elle engendre la déforestation des mangroves, le braconnage et la surpêche, alors même que les mangroves servent d'éclosiers aux poissons attrapés par la population et qu'elles fournissent l'indispensable bois de construction.



©Andrew Bell

La communauté prend désormais au sérieux la protection des tortues. Lorsqu'une catastrophe survient et que l'on en trouve une noyée dans un filet, comme ici, elle est cérémonieusement enterrée sur la plage.

La FAO estime que 50 % des mangroves de la côte du Kenya ont disparu. En partie défrichées pour faire place à l'agriculture et au logement, en partie détruites au profit d'usines de sel, en partie polluées par des déversements de pétrole. Le Mida Creek Conservation Community Group et d'autres associations travaillent dans la réserve de biosphère à replanter des parcelles de mangroves. La population est incitée à participer aux travaux. L'afflux de touristes venus observer les oiseaux migrateurs, comme les flamands, constitue une incitation supplémentaire, dans la mesure où cela ouvre des perspectives d'écotourisme.

La situation n'est pas exempte de conflits, car certains groupes militants de la communauté locale s'efforcent d'endiguer le flux des constructions sauvages et de mettre fin aux dégâts de la pêche illégale et de l'abattage des mangroves. Pourtant, la communauté semble, ici, bien plus au contact de la valeur des écosystèmes et des services fournis par ceux-ci que dans le Nord Devon, et donc plus encline à s'investir dans les écosystèmes. Peut-être est-ce là ce que le Kenya peut offrir au Royaume-Uni.

© Andrew Bell



Des villageois replantent des mangroves sous l'œil de la caméra de TVE.

les pays en développement, qui sont le plus exposés. Il n'y a pas de temps à perdre pour renforcer la collaboration entre pays qui possèdent la technologie et ceux qui ne l'ont pas. L'Office météorologique du Royaume-Uni a offert aux pays sub-sahariens une formation à l'outil Precip, qui permet de convertir à des échelles réduites (*downscaling*) les grands modèles climatiques. Leur utilisation, associée au LiDAR et à d'autres instruments, aidera ces pays à lancer leur future planification.

Permettez-nous de conclure par une métaphore. De même qu'un surfer, en voyant une vague approcher, anticipe son mouvement et la chevauche pour éviter de se faire tuer, les réserves de biosphère peuvent aider la société à apprendre à chevaucher la vague déferlante du changement climatique.

Andrew Bell¹⁵ et Paul Makenzi¹⁶

© Andrew Bell



Pêcheurs avec leurs filets en eau peu profonde, à Malindi

Réduire le fossé technologique

Le comité de Malindi Watamu aimerait obtenir plus d'informations et de données sur le changement climatique dans la réserve de biosphère, mais il lui manque les ressources nécessaires pour modéliser l'impact de l'élévation du niveau de la mer. Les équipes des deux réserves espèrent recueillir au moins 150 000 dollars pour leur permettre d'obtenir des données LiDAR et bathymétriques de cette zone et mettre en place à la fois des systèmes complets de surveillance et de gestion participative. En attendant, l'équipe de Malindi Watamu a établi des règles simples de surveillance qui aideront à modéliser ce segment de la côte une fois le financement assuré.

Les modèles climatiques à grande échelle et les rapports du Giec donnent une indication de ce qu'il adviendra. Cependant, il nous faut également une meilleure connaissance de l'impact du changement climatique au niveau local, afin de nous y adapter avant qu'il ne soit trop tard. L'urgence est encore plus grande dans

Voir à la page 6, la carte de la Réserve de biosphère de Branton Burrows–Nord Devon, .

Voir également : www.northdevonbiosphere.org.uk

Les travaux réalisés dans les réserves jumelées ont été filmés par la TV Trust for Environment (TVE) et diffusés cette année par la BBC World. La production a été financée par l'UNESCO et l'Union européenne. Le DVD complet, de 22 minutes, Marées montantes, est disponible en anglais et en français à l'UNESCO : a.candau@unesco.org. On peut en voir une version de 3 minutes sur : www.unesco.org/mab (cliquer sur multimedia).

Le projet de jumelage des réserves de biosphère au Royaume-Uni et au Kenya a été rendu possible par le soutien du Department for International Development du Royaume-Uni.

14. The Big Climate Thing :

www.bideford.devon.sch.uk/climatelab/page4/index.html

15. Scientifique spécialisé dans les littoraux. Réserve de biosphère de Branton Burrows–Nord Devon : andrew.bell@devon.gov.uk

16. Spécialiste en gestion des ressources rurales. Programme l'homme et la biosphère au Kenya : pmakenzi@yahoo.com



Agenda

1-3 octobre

Eau, diversité culturelle et changement de l'environnement mondial

Tendances émergentes, avenir durable ? Symposium interna. PHI-UNESCO, Institut de recherches sur l'humanité et la nature, UNU : l.hiwasaki@unesco.org ; www.waterandculturaldiversity.org/

25-28 octobre

Jeunes spécialistes des sciences de la Terre

1^{er} congrès mondial, parrainé par l'UNESCO. Tables rondes interdisciplinaires. Beijing (Chine) : www.yescongress2009.org/index.php

26-29 octobre

Gérer la recharge des aquifères dans les pays de la SADC

Atelier de formation avec la chaire de l'UNESCO en hydrogéologie à l'Univ. of Western Cape (Afrique du Sud). UNESCO Harare : m.tchaou@unesco.org ; s.taongai@unesco.org

28-29 octobre

Enseignement des sciences de la Terre en Afrique

2^e de quatre ateliers régionaux de cadrage pour la nouvelle initiative de l'UNESCO, suite à l'Année internationale de la planète Terre. (Le 1^{er} a eu lieu à Luanda, Angola, les 18-19 septembre) Avec la Geological Society of Africa et l'Univ. d'Assiout (Égypte) : www.unesco.org/science/earth ; s.gaines@unesco.org

4-7 novembre

Mécanisme de coordination régionale

des activités de l'ONU en Afrique. L'UNESCO coordonne le groupe de S&T de l'ONU pour l'Afrique. Addis-Abeba (Éthiopie) : s.nair-bedouelle@unesco.org ; www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml

5-7 novembre

Forum mondial sur la science

4^e forum. Examen des 10 ans de suivi de la Conf. mondiale sur la science (1999). Académie des sciences

de Hongrie et la Division de politique scientifique de l'UNESCO et la Commission européenne. Budapest (Hongrie) : www.sciforum.hu ; www.unesco.org/science/psd

6-9 novembre

Mondialogo

Symposium et remise des prix d'ingénierie. Istanbul (Turquie) : t.marjoram@unesco.org

10 novembre

Journée mondiale de la science

En faveur de la paix et du développement. Avec remise de deux Prix UNESCO : Kalinga et Sultan Qaboos. Budapest (Hongrie) : (Kalinga) y.nur@unesco.org ; (Sultan Qaboos) p.dogse@unesco.org

17-18 novembre

Mise en œuvre du Système des systèmes d'observation mondiale de la Terre

6^e session plénière du Groupe d'observation de la Terre (GEO). Washington (É-U) : <http://earthobservations.org/>

19 novembre

Nécessité d'observer la Terre, hier,

aujourd'hui et demain
Symposium du GEO et du Partenariat de la stratégie d'observation mondiale intégrée. Washington (É-U) : <http://earthobservations.org/>

20-21 novembre

Planète Terre : le présent en vue de l'avenir

Présentation mondiale des résultats de l'Année. Lisbonne (Portugal) : <http://yearofplanetearth.org/index.html>

24 novembre

De l'origine des espèces

Héritages scientifiques, pédagogiques et culturels. Pour les délégations permanentes auprès de l'UNESCO. Commémore le 150^{ème} anniversaire de sa publication. Orateurs invités. Avec projection du film *Galápagos – hommage à Charles Darwin*. UNESCO, Paris (Salle II) : a.candau@unesco.org

17-27 novembre

Festival du film khmer sur la science

1^{er} au Cambodge. Projection de films dans les écoles, universités, parcs publics, centres culturels, sur la science dans la vie quotidienne, le changement climatique, l'écologie, les sciences de la vie, etc : t.diez@unesco.org

26-27 novembre

Enseignement des sciences de la Terre en Afrique

3^e de quatre ateliers de cadrage. Avec le Réseau africain d'observation de la Terre. Le Cap (Afr. du Sud) : www.unesco.org/science/earth ; s.gaines@unesco.org

1-3 décembre

Mise en œuvre du Plan d'action de Madrid dans les réserves de biosphère du Pacifique

Réseau MAB du Pacifique. Honolulu, Hawaï (É-U) : burnett@bishopmuseum.org ; j.steffen@unesco.org ; m.clusener-godt@unesco.org

7-18 décembre

Changement climatique

Conférence des Nations unies pour adopter un successeur au Protocole de Kyoto. Copenhague (Danemark) : <http://en.cop15.dk/>

9-10 décembre

Enseignement des sciences de la Terre en Afrique

4^e atelier régional de cadrage. Avec l'Univ. de Dakar (Sénégal) : www.unesco.org/science/earth ; s.gaines@unesco.org

5-12 décembre

4e Conseil ministériel africain sur la S&T (CMAST)

L'UNESCO est le seul organisme des Nations unies à siéger au CMAST. Le Caire (Égypte) : www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml ; s.nair-bedouelle@unesco.org

Erratum

Une erreur de traduction s'est glissée dans le numéro de juillet 2009 de *Planète Science*. Dans *Mission vers Mars*, il fallait lire, à la page 7 : « Son dioxyde de carbone la réchauffe » et plus loin « sous forme de neige de dioxyde de carbone ».

Vient de paraître

Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales

Julia Leymonié Sáenz. Produit par le Bureau régional de l'UNESCO pour l'éducation (Santiago, Chili). En espagnol, 142 p.

Conseils pour rendre plus efficace l'enseignement des sciences. Pour le télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001802/180275s.pdf>

Acting on Climate Change

The UN delivering as One

Préparé par le Conseil de coordination des chefs exécutifs du système des Nations unies. En anglais, 35 p.

Examen des actions en cours dans les organes des Nations unies en matière de : connaissances sur le climat ; science, évaluation, surveillance et alerte rapide ; adaptation ; renforcement des capacités ; financement de la réduction des effets et de l'adaptation ; réduction des émissions dues à la déforestation et à la dégradation ; transfert de technologie ; soutien aux efforts nationaux et mondiaux ; sensibilisation du public. Pour le télécharger : www.un.org/climatechange/pdfs/Acting%20on%20Climate%20Change.pdf

L'éducation pour le développement durable

Second recueil de bonnes pratiques

Produit par le Projet des écoles associées de l'UNESCO. En français et anglais, 72 p. Idées innovantes pour enseigner aux élèves : la biodiversité locale, l'énergie du soleil et du vent, la manière de concevoir des habitations économes en énergie, le recyclage, le tourisme vert, la surveillance des plages, etc. Tous les projets ont été conçus et mis en œuvre par des écoles du Réseau des écoles associées de l'UNESCO.

Pour le télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001812/181270f.pdf> ; pour en savoir plus : a.hamshari@unesco.org

Geoheritage of East and Southeast Asia

M. S. Leman, A. Reedman and Chen S. P. (éd). Produit par les pays membres du Comité de coordination des programmes de géosciences, avec l'Universiti Kebangsaan Malaysia. En anglais, 308 p.

Contribution à l'Année internationale de la Planète Terre, l'ouvrage présente le patrimoine géologique de Chine, République de Corée, Indonésie, Japon, Malaisie, Philippines, Thaïlande et Vietnam. Il décrit également l'approche du Réseau mondial de l'UNESCO des géoparcs nationaux envers la protection du patrimoine géologique et son utilisation durable. Il encourage la coopération régionale pour sa protection.

Pour en demander un exemplaire : ccopt@ccop.or.th ou bien allez sur : www.ccop.or.th



Towards a Science, Technology and Innovation Policy for the Republic of Armenia

Produit par la Division de la politique scientifique et du développement durable (UNESCO, Paris). En anglais, 88 p.

Présente les principaux aspects de la science, de la technologie et du développement économique de l'Arménie et recommande que les décideurs prennent des mesures pour que la S&T joue un rôle majeur dans les stratégies nationales de développement. Pour le télécharger : www.unesco.org/science/psd/publications/s-p_series.shtml

Bref état des lieux du système national de recherche scientifique et technique de la République du Burundi

Hocine Khelfaoui. Produit par la Division de la politique scientifique et du développement durable (UNESCO, Paris), en français seulement, 84 p.

Décrit l'état de la R&D au Burundi et propose un ensemble de recommandations sous forme de thèmes de discussion pour les commissions qui devront élaborer le Plan stratégique du pays pour la science, la technologie et la recherche en vue du développement durable. Pour le télécharger : www.unesco.org/science/psd/publications/s-p_series.shtml

Évolutions de l'enseignement supérieur au niveau mondial

Vers une révolution du monde universitaire

Philip Altbach, Liz Reisberg et Laura Rumbley. Rapport préparé en vue de la Conférence mondiale sur l'enseignement supérieur (voir page 11), avec le soutien de l'ASDI/SAREC. Le Résumé existe en français, anglais et espagnol, 20 p.

Pour le télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183168f.pdf>

Integrated Urban Water Management

Arid and Semi-arid Regions

Larry W. Mays (éd). Produit par le projet UNESCO-PHI. Éditions UNESCO/Taylor & Francis, ISBN 978-92-3-104061-0. En anglais, 34,00 €, 228 p.

Passé en revue tous les aspects de l'eau. Entre autres : eaux de surface et souterraines, questions de qualité et de quantité, le fait que l'eau est à la fois un système et un élément qui interagissent avec d'autres systèmes, et enfin relations entre eau et développement socioéconomique.

Année internationale de l'astronomie : www.unesco.org/iya2009 ; www.astronomy2009.org

Pour les publications en vente : www.unesco.org/publishing

Planète science en ligne : www.unesco.org/fr/a-world-of-science