



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



Prendre la température de
la montagne p. 16

Bulletin trimestriel
d'information sur
les sciences exactes
et naturelles

Vol. 4, No. 1,
Janvier – mars 2006

Planète SCIENCE

SOMMAIRE

PLEINS FEUX SUR

- 2 Scruter l'océan pour comprendre les changements climatiques

ACTUALITÉS

- 10 Prix scientifiques décernés au Forum de la science
- 10 La télémédecine permet de repenser la formation médicale
- 11 Adoption de la Déclaration sur la bioéthique et les droits de l'homme
- 12 Des physiciens s'engagent pour le développement durable
- 12 Premier pas vers un institut de l'environnement

INTERVIEW

- 13 Sabrina Krief : Pourquoi les grands singes ont encore beaucoup à nous apprendre

HORIZONS

- 16 Prendre la température de la montagne
- 20 Le filtre anti-arsenic traque le tueur silencieux au Bangladesh

EN BREF

- 23 Organes directeurs
- 24 Calendrier
- 24 Vient de paraître

ÉDITORIAL

Nous sommes tous des ours polaires

P our inaugurer la Conférence des Nations unies qui s'est tenue à Montréal en décembre dernier en vue de préparer l'après Kyoto (à partir de 2012), le Canada, pays hôte, a qualifié les gaz à effet de serre de pire menace pour le monde d'aujourd'hui. « Prenons, à l'égard du changement climatique, des engagements plus précis, plus ambitieux et à plus longue portée » a plaidé le ministre canadien de l'environnement, Stéphane Dion. Du fait que trois des quatre plus gros émetteurs de gaz à effet de serre ne sont pas assujettis au Protocole de Kyoto – les Etats-Unis pour ne l'avoir pas ratifié, la Chine et l'Inde en tant que pays en développement – l'après Kyoto sera sans conteste une période critique.

Climatologue à l'Institut Goddard des études spatiales de la NASA, James Hansen a averti, à la même époque, lors d'une conférence de l'Union américaine de géophysique, que même dans l'hypothèse où tous les pays se conformeraient rigoureusement au Protocole de Kyoto, cela n'empêcherait pas un sévère changement climatique du fait de l'augmentation constante du niveau des émissions de gaz à effet de serre. Vouloir ignorer cette réalité amènerait inexorablement à un changement climatique si radical « que la Terre deviendrait une autre planète ».

Il existe désormais un important corpus de preuves scientifiques établissant que l'activité humaine est en train de modifier le climat. C'est dans l'Arctique que les signes en sont peut-être les plus visibles : la couverture de glace de mer y était déjà l'an dernier la plus faible jamais mesurée. Les scientifiques prévoient un été 2080 presque libre de glace si les tendances actuelles se poursuivent sans opposition de notre part. Privés de glace, les ours polaires ne seront plus en mesure de capturer les phoques qui constituent leur nourriture de base.

Mais les ours polaires ne forment que la partie émergée de l'iceberg, pour ainsi dire. Le dégel du pergélisol provoque l'effondrement de maisons dans les régions arctiques. Dans toutes les régions montagneuses du monde, les réserves d'eau douce utilisables diminuent avec le recul des glaciers, et cette tendance va provoquer des pénuries d'eau pour des dizaines de millions d'Asiatiques et de Latino-américains. Pendant que fondent les plaques de glace du Groenland et de l'Arctique, l'élévation du niveau de la mer pourrait atteindre 1 m d'ici 2100, en inondant les zones de faible altitude de par le monde. Quels seront les effets de cet afflux supplémentaire d'eau douce sur les schémas de circulation des océans ? On constate déjà dans l'Atlantique Nord des signes de ralentissement de certains segments du « tapis roulant de l'océan », qui transporte de la chaleur vers le nord. Si l'Atlantique Nord se rafraîchit, l'Europe occidentale en fera autant.

Le Protocole de Kyoto et son successeur représentent une police d'assurance contre un changement incontrôlé. La Conférence de Montréal nous offre l'occasion, dans ce numéro, d'examiner la contribution de l'UNESCO à la recherche sur le changement climatique, grâce notamment au Système mondial d'observation de l'océan et au projet Changement planétaire dans les régions de montagne (GLOCHAMORE).

Plus grandes seront nos connaissances scientifiques, plus nous serons en mesure de réagir au changement de notre climat.

W. Erdelen

Sous-directeur général pour les sciences exactes et naturelles

Scruter l'océan pour comprendre le changement climatique



La glace estivale de mer pourrait devenir un spectacle bien plus rare

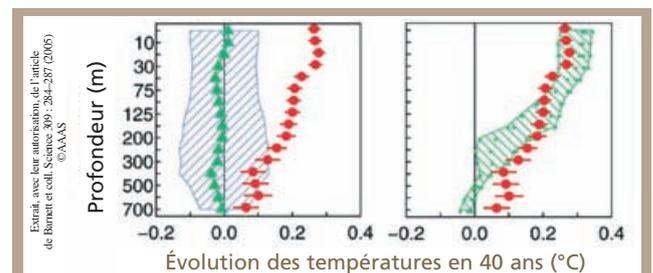
L'Année internationale de la physique entrera également dans le livre des records pour ses extrêmes climatiques. L'année 2005 a connu le plus grand nombre d'ouragans jamais enregistré dans le secteur Atlantique – dont l'un a battu le record des basses pressions de surface – qui ont laissé des milliers de morts dans leur sillage en Amérique du Nord et en Amérique centrale. Dans l'océan Arctique, la couverture de glace de mer de l'été boréal a été particulièrement mince et, dans l'état indien du Maharashtra les précipitations ont atteint des records d'abondance pendant la mousson. La forêt amazonienne, source du fleuve ayant le plus fort débit du monde, connaît sa pire sécheresse depuis les premières mesures jamais enregistrées. Les cinq années les plus chaudes du palmarès sont actuellement 1998, 2002, 2003, 2004 et 2005. Tous ces événements climatiques ont un lien avec l'océan.

Il est scientifiquement impossible de lier l'un ou l'autre des événements extrêmes à l'évolution du climat mondial, mais la tendance actuelle confirme le fait qu'un changement planétaire est à l'œuvre. Le Groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat (GIEC), chargé d'évaluer les recherches sur le climat, a déclaré en 2001 que « le bilan des preuves » suggérait que les activités humaines avaient une influence sur le climat. Des études scientifiques récentes, qui seront incorporées au prochain rapport du Groupe en 2007, renforcent cette certitude, et ses preuves essentielles proviennent des océans.

Les océans couvrent plus de 70 % de la surface du globe. Élément prédominant du système climatique, ils entrent en interaction avec l'atmosphère et la terre. Dans le système climatique, les océans ont la particularité d'avoir une grande capacité d'emmagasiner de la chaleur : comparée à l'air, l'eau de mer absorbe quatre fois plus d'énergie par kilogramme pour se réchauffer d'1 degré Celsius, et l'eau est environ 800 fois plus dense que l'air à la surface. L'énergie thermique contenue dans les 3 m supérieurs des océans équivaut donc à celle que contient la totalité de l'atmosphère. C'est pourquoi les océans sont une voie essentielle du transport de la chaleur dans le système climatique.

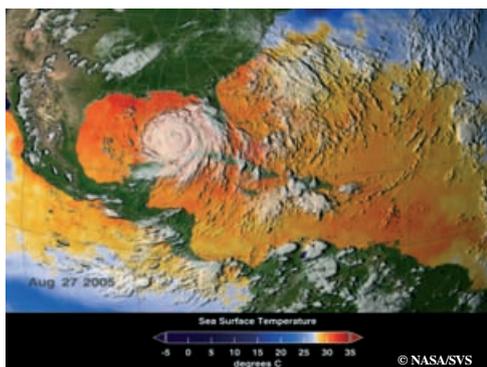
L'observation de l'océan subsuperficiel n'a sérieusement débuté qu'après la Seconde guerre mondiale, en se limitant à des zones très fréquentées par la navigation, comme l'Atlantique Nord. Mais son histoire est déjà assez longue pour permettre de calculer les tendances des températures subsuperficielles sur de vastes étendues d'océans, avec un degré raisonnable de confiance scientifique.

L'océan subsuperficiel est un endroit approprié pour rechercher des preuves irréfutables du changement climatique induit par les activités humaines. Un changement du forçage du système climatique, comme celui qui est dû aux gaz à effet de serre, oblige l'ensemble du système climatique à trouver un nouvel équilibre, lorsqu'une Terre plus chaude émet vers l'espace un rayonnement thermique plus important, à titre de compensation. Les océans sont les plus grands récepteurs de cet excès de chaleur. Du fait que les océans sont moins « bruyants » sous la surface qu'en surface, qui est soumise au temps qu'il fait et aux



Le graphique de gauche montre la moyenne (triangles verts) et l'amplitude (hachures bleues) des modèles de climat représentant la variabilité climatique naturelle sur des centaines d'années, indépendamment de l'influence humaine. Le graphique de droite montre la variabilité dans un modèle climatique incluant la durée historique de l'apport humain en matière de gaz à effet de serre (hachures vertes et points) ; les points rouges des deux graphiques indiquent la moyenne, sur l'Atlantique Nord, des changements de température de l'océan sur les 40 dernières années. Ce sont les eaux de surface qui se sont le plus réchauffées, d'environ 0,25°C. Le graphique de droite concorde bien mieux avec les observations que celui de gauche, et témoigne parfaitement de l'influence humaine sur le climat

Les eaux chaudes océaniques alimentent les ouragans ; or, les eaux étaient anormalement chaudes en 2005 dans l'Atlantique tropical. L'ouragan Katrina est visible ici, le 27 août 2005, sur une image satellite des nuages superposée à une carte de température de surface de la mer



saisons, c'est d'eux que proviennent les signaux les plus significatifs des changements à long terme du climat.

Preuve concluante administrée par les océans

Dans un article publié en juillet 2005 dans *Science*, Tim Barnett et ses collègues ont démontré que les tendances au réchauffement de l'océan, observées ces 40 dernières années ne pouvaient s'expliquer par la variabilité naturelle mais qu'au contraire elles concordaient avec les prévisions climatiques prenant en compte les effets de l'activité humaine sur le climat (voir figure p. 2) ; ces conclusions ne concordent pas avec des mesures prises ailleurs.

Cette étude a contribué à confirmer la fiabilité scientifique quant à l'aptitude des modèles actuels du climat – englobant la terre, l'océan et l'atmosphère – à simuler le changement climatique. Le débat scientifique sur la question de savoir si l'activité humaine a provoqué le changement climatique ne se pose pratiquement plus ; la question reste cependant posée de savoir avec précision comment il va changer.



Cette vue de la spirale des orages entourant l'œil de l'ouragan Katrina (le mur de l'œil) a été prise de la cabine de pilotage d'un avion de chasse des ouragans de la NOAA, la veille du jour où la puissante tempête est venue s'écraser sur le rivage. C'est dans le mur de l'œil que se concentrent les pluies et les vents les plus violents, qui puisent leur énergie dans la chaleur de l'océan

Même si les émissions de gaz à effet de serre dus à l'activité humaine devaient cesser aujourd'hui, le climat mondial continuerait à changer pendant les décennies à venir en raison de la quantité de gaz à effet de serre déjà présente dans l'atmosphère et de l'inertie thermique du système climatique. Le climat ne pourra retrouver son équilibre que lorsque la Terre se sera suffisamment réchauffée ou que les gaz à effet de serre auront été absorbés dans d'autres parties du système climatique. Les océans ont absorbé environ 50 % de la production historique de gaz à effet de serre, ce qui pourrait avoir une incidence considérable sur les écosystèmes océaniques (voir *Planète Science* Vol.2, No.4).

Impact des océans sur le climat

Toute prévision des variations à court terme du climat – perceptible sur des journées ou des mois – dépend étroitement de l'interaction entre l'océan et l'atmosphère. Pour comprendre au mieux les relevés climatiques de l'année en cours, il faut utiliser des modèles qui intègrent la physique de la circulation océanique. Ce sont en effet les paroxysmes de précipitations et de température qui affectent le plus les êtres humains, en provoquant des inondations, des glissements de terrain, des sécheresses et des décalages de saisons qui ont des incidences sur la production alimentaire et le tourisme.

Une saison record pour les ouragans

En 2005, la chaleur anormale de l'Atlantique tropical a contribué à la puissance des ouragans pendant leur saison, la plus destruc-



© K. Nizami/US X Coast Guard Digital

Les vents furieux et l'extrême dépression de l'ouragan Katrina ont soulevé d'énormes ondes de tempête qui ont inondé un territoire grand comme la moitié de la France. Elles ont rompu plusieurs digues protégeant la ville côtière de La Nouvelle-Orléans, presque entièrement bâtie en dessous du niveau de la mer. Plus d'un million de personnes ont dû être évacuées, comme les enfants de cette photo, et plus de 1 200 personnes y ont laissé la vie. On estime que la reconstruction coûtera aux États-Unis plus de 100 milliards de dollars

trice dans l'histoire du recensement. L'ouragan Katrina de la fin août a dévasté la côte états-unienne du golfe du Mexique (voir images). En octobre, les pluies qui ont accompagné l'ouragan Stan ont déclenché des inondations et des glissements de terrain catastrophiques qui ont tué près de 2 000 personnes au Guatemala et dans d'autres pays d'Amérique centrale. Sept des 14 ouragans qui se sont formés étaient très puissants et trois étaient de la plus grande magnitude¹. Les météorologues se sont, pour la première fois, trouvés à court de noms pour l'Atlantique et ont dû recourir à l'alphabet grec, pour terminer l'année sur l'ouragan Epsilon.

Les vents violents d'un ouragan font s'évaporer d'énormes quantités de vapeur d'eau à partir de la surface de l'océan. L'énergie provenant de la chaleur latente libérée lorsque cette vapeur se condense ensuite en gouttes de pluie est injectée dans la tempête, ce qui en accroît d'autant la violence. L'évaporation de l'eau de mer atteint son maximum lorsque les réserves de chaleur sont au plus haut. Les modèles de changement climatique qui intègrent les ouragans montrent un renforcement de l'intensité des ouragans – mais non de leur nombre – en fonction du réchauffement de l'océan. On continue à discuter pour savoir si le réchauffement actuel de l'Atlantique tropical est dû à un changement du climat ou à la variabilité naturelle, mais le réchauffement de la planète a déjà fait monter la température de l'océan.

Une Amazonie assoiffée

Alors que l'Amérique centrale et l'Amérique du Nord étaient inondées, la forêt amazonienne connaissait la sécheresse la plus sévère de tous les temps. Les lacs et les lagunes se sont asséchés, les chenaux fluviaux ne sont plus navigables, l'agriculture et la pêche sont interrompues,



© Ana Cristina Vieira Felha

Marais à mangroves asséchés à Bragança, au Brésil, au début de 2005. L'Amazonie connaît une sécheresse alarmante due, elle aussi, à la chaleur de l'Atlantique tropical

1. La catégorie 5, où les vents dépassent les 249 km/h

Le tapis roulant de l'océan

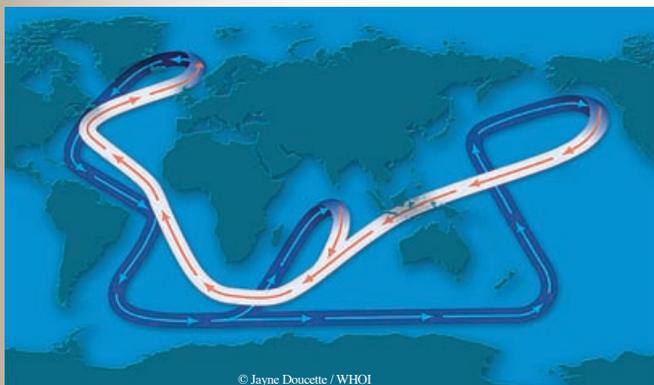
La température moyenne entre l'équateur et les pôles diffère en raison de l'inclinaison relative de la surface de la Terre par rapport au soleil. Cependant, cette différence est bien plus faible que ce à quoi on s'attendrait. C'est parce que les océans et l'atmosphère transportent de la chaleur vers les pôles, ce qui établit un équilibre plus agréable (du moins pour les êtres humains) en rafraîchissant les températures à l'équateur et en les réchauffant aux pôles.

L'océan transporte environ la moitié de sa chaleur via des courants, de faible et de grande profondeur, groupés sous l'appellation collective de tapis roulant (circulation thermohaline, voir carte). L'une des routes océaniques les plus fréquentées est le Gulf Stream, ou Courant de l'Atlantique Nord, poussé par les vents, qui réchauffe l'est de l'Europe. Ces courants de surface transportent vers le nord des dizaines de millions de mètres cubes d'eaux chaudes tropicales par seconde. Du fait que les systèmes météorologiques des latitudes moyennes suivent généralement une trajectoire ouest-est, New York, aux Etats-Unis, est plus frais que Naples, en Italie, alors que ces deux villes sont à la même distance de l'équateur.

L'évaporation dans l'atmosphère laisse derrière elle une eau plus salée et plus fraîche (donc plus dense). Les eaux circulant sous la couche supérieure partout dans le monde sont les plus denses, les plus froides et les plus salées des eaux qui se forment, surtout dans l'Atlantique Nord polaire, par suite de l'extrême évaporation hivernale et de la perte de chaleur ; sous la surface, la majeure partie de l'océan se trouve à peine à quelques degrés au-dessus du point de congélation.

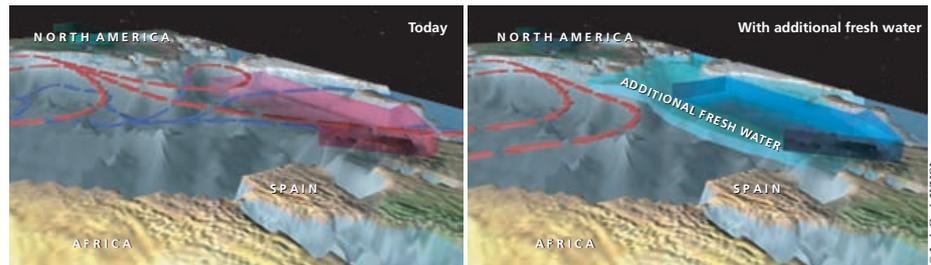
Transportée loin de sa source par des courants orientés vers le sud et finalement dispersée dans les autres océans après des milliers d'années, cette eau profonde est finalement ramenée à la surface par le vent et les marées. Là, elle est réchauffée par le soleil et rafraîchie par la pluie. Elle retourne enfin vers les pôles dans l'océan superficiel pour recommencer le cycle.

Les modèles climatiques dont les scénarios prennent en compte le changement induit par l'homme montrent presque toujours que le tapis roulant océanique ralentira avec le réchauffement du climat.



© Jayne Doucette / WHOI

Le cheminement du tapis roulant océanique



© Jack Cook/WHOI

À gauche, l'eau chaude superficielle de l'Atlantique Nord s'écoule vers le Nord (traits rouges) et remplace le flux, dirigé vers le sud, d'eau froide profonde (traits bleus). Ce faisant, elle transporte de la chaleur vers le Nord et réchauffe les vents soufflant vers l'est sur l'Europe (grosse flèche rouge). Un apport supplémentaire massif de glace terrestre en fusion (à droite) empêcherait l'eau de mer de plonger dans l'Atlantique Nord. Le transfert de chaleur océanique vers le Nord pourrait alors cesser et rafraîchirait les vents soufflant sur l'Europe, en dépit du réchauffement planétaire (grosse flèche bleue)

les délicates forêts pluviales tropicales brûlent et l'eau stagnante restée dans le lit des fleuves suscite la prolifération de moustiques vecteurs de maladies. Ce même réchauffement de l'Atlantique tropical en serait responsable, du fait que l'intensification de l'évaporation et la montée de l'air au-dessus de l'océan ont forcé l'air au-dessus de l'Amazonie à descendre, ce qui a déplacé les pluies.

Les moussons dépendent de la chaleur de l'océan

C'est un équilibre similaire entre l'évaporation océanique et terrestre qui produit la mousson, vent périodique que l'on peut assimiler à une très forte brise de mer. La mousson atteint son maximum dans la partie nord de l'océan Indien, où les vents soufflent du sud-ouest pendant une moitié de l'année et du nord-est pendant l'autre moitié.

Les pluies des moussons tropicales sont dues à la différence de capacité thermique des océans et des terres. En été, sous un soleil ardent, la température de la terre s'élève bien plus rapidement que celle de la surface de la mer. L'air s'élève au-dessus des terres, ce qui attire vers l'intérieur des terres l'air océanique humide et provoque de fortes précipitations. La quantité de chaleur stockée dans l'océan et la différence de température entre l'océan et la terre agissent ensemble sur l'intensité des moussons.

La glace fond et la mer monte

Les océans jouent certes un rôle central dans l'élévation du niveau de la mer, qui provient aussi bien de l'expansion des eaux océaniques chaudes que de la fusion des glaciers (voir encadré, p. 16). et des calottes glaciaires. Le niveau moyen mondial de la mer est monté d'environ 2 mm par an, d'après les mesures enregistrées par les marégraphes et les satellites. Mais l'élévation n'est pas absolument uniforme ; en même temps que le climat changeait, les caractéristiques des vents et de la circulation océanique ont également changé, ce qui a entraîné des changements localisés du niveau de la mer.

Comment les choses vont-elles évoluer à l'avenir ? Les régions tropicales connaîtront-elles des ouragans plus violents ? Quelle est la probabilité pour que l'Europe se refroidisse ? La disparition de la glace va-t-elle finir par ouvrir à la navigation le légendaire Passage du Nord-Ouest ? Tuvalu va-t-il disparaître

sous les vagues ? Le puissant fleuve Amazone sera-t-il réduit à un filet d'eau ? Et le climat pourrait-il changer brusquement ? (voir encadré)

Le Programme mondial de recherches sur le climat

La Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO, avec ses partenaires de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et du Conseil international pour la science (CIUS), parraine un Programme mondial de recherches sur le climat (PMRC), qui s'efforce d'apporter des réponses à ces questions. Son principal objectif est de déterminer les limites de la prévisibilité du système climatique, d'une part, et l'influence de l'activité humaine sur le climat, d'autre part. La publication des articles produits par le PMRC constitue la principale contribution au corpus de connaissances sur le sujet qui sont périodiquement évaluées par le GIEC.



Vers une couverture mondiale : plates-formes in situ fournissant des données disponibles en temps réel. Ces données proviennent principalement des balises Argo (en bleu foncé), de navires occasionnels (en gris clair, bleu clair et jaune), de bouées fixes et dérivantes (en rouge). Les océans à banquise posent encore des problèmes techniques

Les scientifiques se heurtent encore à la difficulté de faire la part entre le changement climatique induit par les activités humaines et la variabilité naturelle du climat. Il semble, de fait, que même cette dernière soit en train de changer, en faisant des écarts plus accentués au-delà du champ des conditions « normales ». C'est déjà un signe de changement climatique. Le projet du PMRC sur la Variabilité et la prévisibilité du climat nous aide à mieux prévoir et modéliser les paroxysmes climatiques à l'échelle de journées, de mois et d'années.

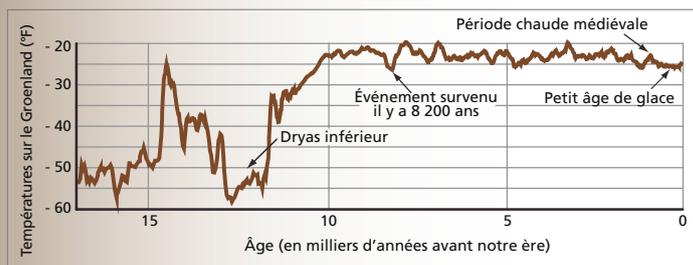


Le climat pourrait-il changer brusquement ?

L'étude du climat passé, fondée sur l'examen des fossiles et des carottes de glace, montre que, par le passé, le climat a connu des sautes brutales (voir figure).

La plus récente saute du climat a eu lieu à la fin du dernier âge glaciaire, il y a environ 12 000 ans, alors que les êtres humains s'installaient sur le continent américain et qu'ailleurs débutait l'agriculture. La fusion des plaques de glace de l'Amérique du Nord a libéré une grande quantité d'eau douce dans l'Atlantique Nord. L'eau douce est moins dense que l'eau salée, si bien que la formation normale d'eau profonde dans l'Atlantique Nord polaire s'est brutalement arrêtée (voir Le tapis roulant de l'océan). Il s'en est suivi un effondrement de la circulation thermohaline, ce qui a fait chuter les températures moyennes de la région de l'Atlantique Nord de 5°C en moins de dix ans.

Certains scientifiques craignent que la fusion de la calotte glaciaire du Groenland n'entraîne un rafraîchissement semblable de l'Atlantique Nord et une saute du climat. Poussé à l'extrême, ce scénario a récemment inspiré un film catastrophe à Hollywood. Alors, quel est le seuil d'un changement brutal du climat ? Nos modèles actuels ne sont pas encore assez perspicaces pour nous le dire. Mais les incidences d'une saute brutale du climat sur les écosystèmes et sur la société humaine seraient rien moins que catastrophiques.



Les carottes de glace extraites de la couche de glace de 3 km d'épaisseur du Groenland font apparaître plusieurs changements brusques du climat dans le passé, sur des périodes d'à peine dix ans. La plus remarquable est la période du Dryas inférieure, où les températures moyennes de la région de l'Atlantique Nord ont brusquement chuté et sont restées basses pendant 1 300 ans avant de remonter rapidement²

On perçoit déjà des signes de ralentissement sur certaines portions du tapis roulant. Pas plus tard que le mois dernier, des scientifiques ont indiqué qu'en Atlantique Nord, le flux profond d'eau froide vers le sud, mesuré par cinq expéditions sur cinq décennies, avait diminué de 30 % entre 1957 et 2004³. Devons-nous attribuer cela à un cycle de variabilité naturelle, ou bien cette diminution signale-t-elle un changement à plus long terme du tapis roulant de l'océan ? Seul le temps – combiné avec une observation soutenue – nous le dira.

2. Toutes les illustrations provenant de la Woods Hole Oceanographic Institution sont tirées, avec autorisation, de la brochure *Abrupt climate change: should we be worried?*, recueil préparé à l'intention du Forum économique de Davos, en Suisse, en 2003 : www.whoi.edu/institutes/occi/currenttopics/ct_abruptclimate.htm

3. Ces conclusions ont été publiées par Harry Bryden et collègues dans le numéro du 1er décembre 2005 de *Nature*

Conséquences d'une grave inondation de mousson, le 26 juillet 2005, à Mumbai, en Inde, où il est tombé 1 m de pluie en moins de 24 heures, soit près du double du record précédent dans cette ville. L'inondation et les glissements de terrain ont coûté la vie à plus de 1 000 personnes. L'intensité de la mousson dépend de la quantité de chaleur stockée dans l'océan Indien et d'autres facteurs, comme la phase dans laquelle se trouve El Niño dans le Pacifique

Donnant-donnant : des rétroactions climatiques en opposition

Les scientifiques aux prises avec le problème complexe du système climatique ont trouvé une façon simple de décrire, en termes de rétroactions, les modèles d'interactions qu'ils ont observés. Les rétroactions peuvent soit renforcer l'état momentané du système climatique, soit l'affaiblir.

Exemple de rétroaction stabilisante (rétroaction négative) donné par l'interaction entre le rayonnement solaire, la température de surface de la mer et les nuages sous les tropiques : l'océan se réchauffe sous l'effet du soleil, ce qui réchauffe et humidifie l'atmosphère au-dessus de lui ; moins dense, l'air s'élève et finit par atteindre le point où la vapeur d'eau qu'il contient se rafraîchit. Le système climatique crée ainsi un barrage naturel contre un réchauffement illimité de l'océan. L'inverse n'en est pas moins vrai : sur des océans plus frais, il y a moins de nuages ; un plus fort rayonnement atteint donc la surface de la mer. Une rétroaction négative ramène les conditions vers l'équilibre.



Sous les tropiques, des nuages de convection projettent leur ombre sur un océan réchauffé

Exemple de rétroaction de renforcement (rétroaction positive) fourni par l'interaction entre le rayonnement solaire et la glace des régions polaires : la glace réfléchit de façon très efficace la lumière du soleil, renvoyant dans l'espace une fraction significative de son énergie ; si la glace qui fond est remplacée par un océan ou des surfaces terrestres plus sombres, une moindre fraction de la lumière solaire est reflétée dans l'espace, ce qui réchauffe la surface ; à son tour, le réchauffement fera fondre la glace. C'est ce qui rend les régions polaires particulièrement sensibles au changement climatique.

L'équilibre des rétroactions et la possibilité qu'une rétroaction positive prenne temporairement le pas sur les effets négatifs stabilisants, tel est le tableau que présentent l'évolution et la variabilité naturelle du climat.

Le cas le mieux étudié d'interaction entre des rétroactions climatiques impliquant l'océan est celui d'El Niño, déplacement temporaire des eaux les plus chaudes, du Pacifique tropical vers l'est, accompagné d'un mouvement ascensionnel de l'atmosphère, suivi de pluies, ce qui provoque la sécheresse en Indonésie et en Australie, un excès de précipitations au Pérou et en Équateur et une modification du régime des tempêtes sur une bonne partie du globe. El Niño changera-t-il en même temps que le climat planétaire ? Nombreux sont les scientifiques qui croient que oui, ou qu'il l'a déjà fait, mais prévoir El Niño reste une tâche ardue.



© ESA

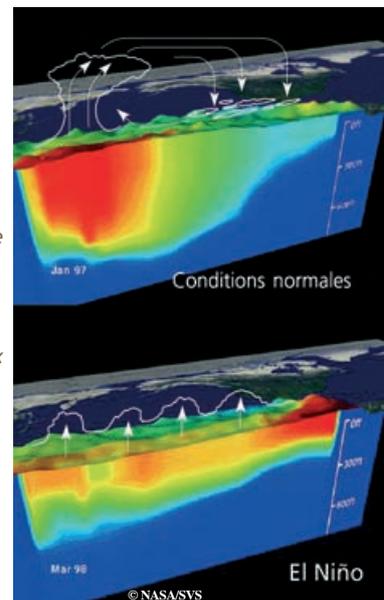
Les satellites assurent une couverture mondiale des océans et constituent un élément clé du GOOS. Voici une vision d'artiste du satellite européen SMOS qui va mesurer la salinité de surface à partir de 2007

Observer les océans pour les comprendre

La COI de l'UNESCO, avec son programme phare, le Système mondial d'observation de l'océan (GOOS) constitue l'instrument dont disposent les Nations unies pour observer l'océan mondial sur le long terme. Un groupe d'experts de la COI, le Panel d'observation de l'océan pour le climat (OOPC), contribue à déterminer les normes et les objectifs de l'élément « climat mondial » du GOOS, ainsi que les moyens à employer pour surveiller et évaluer le système.

En participant avec l'OMM à une commission technique mixte d'océanologie et de météorologie maritime (JCOMM), la COI coordonne par ailleurs de façon active ces réseaux mondiaux grâce à un Centre d'appui aux plates-formes *in situ* (dans l'eau), le JCOMMOPS situé à Toulouse, en France, qui surveille en continu les milliers de sondes, de navires et de bouées amarrées transmettant les données océanographiques.

Coupe des températures dans le Pacifique équatorial selon une direction est-ouest, en regardant vers le nord, composée d'après l'ensemble des données des bouées amarrées dans le Pacifique tropical. Normalement, l'air s'élève au-dessus d'une concentration des eaux les plus chaudes, dans le Pacifique occidental (en haut), attirant des vents de surface venus de l'est, ce qui entretient cette concentration, en y accumulant les eaux chaudes. Dans un épisode d'El Niño (en bas), quelque chose affaiblit les vents de surface, ce qui permet aux eaux chaudes de s'étaler vers l'est. Les masses d'air ascensionnel suivent le mouvement vers l'est, ce qui affaiblit davantage le vent de surface et permet à l'eau chaude de s'affaïsser encore plus, en une rétroaction positive. Il en résulte un changement dans le Pacifique tropical, côté océan, et des changements planétaires dans la circulation atmosphérique



© NASA/SVS

Les satellites ne font qu'égratigner la surface

Les missions effectuées par les satellites océaniques ont révolutionné l'océanographie ; ils sont indispensables pour assurer l'observation mondiale de la température de surface, les tourbillons océaniques (systèmes climatiques de la mer), les vents de surface et la couleur de l'océan, qui dénote l'activité biologique.

Les océans constituent cependant un sérieux obstacle aux observations par satellites. Comme la conductivité de l'eau salée les rend presque insensibles au rayonnement électro-magnétique, seule « la peau » de l'océan est visible de l'espace. Pour bien observer les océans mondiaux, il faut pouvoir prendre des mesures à l'intérieur des océans, à partir de plusieurs types de plateformes autonomes et de navires de recherche.



Un profileur Argo est largué à bord du navire des garde-côtes canadiens John P. Tully dans le golfe de l'Alaska

Sentinelles robotisées des profondeurs

Parmi les réseaux, celui qui connaît la croissance la plus rapide est le réseau de profileurs Argo. Ce sont des instruments de mesures océanographiques robotisés et autonomes. Inversant leur position, elles remontent en surface tous les dix jours par pompage d'huile entre elles et un réservoir externe. Tout

au long de l'ascension elles effectuent des relevés de température et de salinité (certaines mesurent également la teneur en oxygène), qu'elles transmettent à la surface par satellite.

À la fin de l'année 2005, le projet Argo avait parsemé l'océan, en quatre ans d'existence, de plus de 2 000 bouées, les deux tiers de son objectif initial de 3 000, soit environ une tous les 100 000 km². Lorsque les batteries s'épuisent, au bout de quatre ans environ, les bouées ne peuvent remonter à la surface : elles sombrent le plus souvent. Les balises Argo sont très largement réparties dans tous les océans, grâce à la coordination des efforts de plus de 20 pays participants. Dans certaines zones, les balises envoient en un an plus d'informations sur l'océan subsurface qu'on ne peut en trouver dans toute la base des données historiques datant d'avant Argo.

Une moderne bouteille à la mer

S'inspirant des survivants de naufrages qui lançaient parfois dans les vagues des messages scellés, le scientifique et homme d'État Benjamin Franklin a pu dresser, au milieu du 18^{ème} siècle, un atlas des courants de la côte est de l'Amérique du Nord en jetant à la mer des bouteilles porteuses de messages.

En 1929, des savants allemands ont lancé dans le sud de l'océan Indien un message que l'on pouvait lire sans briser la bouteille. Il a été lu et relâché plusieurs fois. Pris dans le puissant courant circumpolaire, il avait parcouru en 1935 plus de 25 000 km.



© NOAA

L'une des 70 bouées amarrées dans le Pacifique tropical, qui surveillent et aident à prévoir les apparitions d'El Niño dans le cadre du système mondial d'observation de l'océan. Le dernier épisode d'El Niño a eu lieu en 2002-2003

Aujourd'hui, ces messages dans une bouteille en version moderne – les bouées dérivant en surface – parcourent tous les courants de surface de la planète en transmettant des relevés électroniques concernant la surface : température, courants et parfois pression barométrique. Ces bouées fournissent une vérité de terrain qui confirme les estimations par satellite de la température de surface de la mer et sont les meilleurs témoins des courants océaniques de surface, puisqu'elles sont effectivement poussées par les vents et les tourbillons océaniques. Elles contribuent également à améliorer les prévisions des conditions atmosphériques en enregistrant la pression à la surface.

Pour le réseau de bouées dérivant en surface, l'objectif visé par l'OOPC était d'en avoir une par cellule de 300 000 km² de l'océan, soit 1 250 au total. L'objectif a été atteint en septembre 2005, lorsque le Global Drifter 1 250 a été largué au cours d'une cérémonie spéciale pendant la deuxième session de la JCOMM à Halifax, au Canada. C'est le premier des réseaux mondiaux d'observation *in situ* de l'océan à atteindre l'objectif pour lequel il avait été conçu – tout un événement.

Mais les scientifiques ne sauraient crier victoire et rentrer chez eux ; le réseau de bouées dérivantes a constamment besoin de renouvellement, dans la mesure où les bouées s'épuisent et dérivent en quittant les régions de divergence des courants. En outre, le programme du réseau mondial d'observation *in situ* de l'océan, constitué de capteurs, de profileurs, de bouées amarrées, de marégraphes et de navires occasionnels et de recherche, n'en est encore qu'à 55 % de sa réalisation.



© NOAA

Message dans une bouteille : le Global Drifter 1 250 complète symboliquement la première phase du Système mondial d'observation de l'océan. Il est largué en septembre 2005 dans les eaux canadiennes



Un stage de gestion des données océanographiques, au Bureau du programme d'Échange des données et de l'information océanographiques (IODE) de la COI à Ostende, en Belgique. Ces stages donnent aux pays les capacités nécessaires pour qu'ils participent aux systèmes d'observation de l'océan, et en bénéficient

Les scientifiques font une promenade en mer

Le navire marchand Skogafoss, cargo porte-conteneurs de 100 m de long, quitte tous les mois le port de Reykjavik, en Islande, pour livrer en Amérique du Nord des conteneurs de poisson surgelé. Il retourne deux semaines plus tard, refaisant le même trajet d'une année sur l'autre. Il emprunte la route régulière la plus septentrionale de l'Atlantique Nord, en contournant les icebergs qui dérivent vers le sud, portés par le courant du Labrador alors que le printemps est déjà bien avancé.

Mais le Skogafoss est aussi un navire d'observation volontaire. Il large périodiquement des radiosondes (profileurs atmosphériques) à partir d'un laboratoire automatisé monté sur le pont arrière. Il dispose de systèmes automatiques d'enregistrement de la météorologie de surface et de température de surface de la mer, ainsi que de mesure du carbone de l'atmosphère et de l'océan. Selon des intervalles de quelques heures, l'officier de service sort sur un pont latéral, charge un bathythermographe jetable (XBT) dans un lanceur et appuie sur la détente. L'XBT tombe dans l'océan et mesure un profil de température, renvoyant ses données sur un segment de fil de cuivre déroulant plus fin qu'un cheveu humain. Ces observations, qui constituent une partie importante du système mondial, sont coordonnées par l'Équipe des navires d'observation de la JCOMM. Le capitaine et la compagnie maritime offrent gratuitement leurs services, sous forme de temps et d'espace à bord.

C'est une véritable aubaine pour les scientifiques, car les navires modernes de recherche sont d'un fonctionnement extrêmement coûteux. Les dépenses en carburant, les équipes de trois-huit d'officiers, de techniciens et de marins se chiffrent entre 20 000 et 50 000 dollars des États-Unis par jour. Ces navires occasionnels volontaires sont aussi l'un des principaux agents du déploiement de balises Argo et de bouées dérivantes de surface, qui couvrent les lacunes du réseau d'observation au fur et à mesure qu'il s'en produit.

Informations mondiales pour décisions locales

La composante mondiale du GOOS a été conçue pour la surveillance, la prévision et la recherche sur le climat, mais elle contribue également à améliorer la prévision météorologique et marine. Les données océanographiques (provenant actuellement de près de 70 pays) sont gérées et diffusées mondialement, de façon coordonnée, et transformées en modèles océaniques et climatiques, et autres produits.

La COI a, par ailleurs, assumé un grand rôle dans la coordination de l'alerte mondiale aux risques naturels en rapport avec l'océan, notamment en ce qui concerne les tsunamis. Les plates-formes d'observation qui alimentent ces systèmes d'alerte sont

souvent les mêmes : bouées amarrées et marégraphes sont aussi bien au service des systèmes d'observation du climat que des tsunamis. La COI s'efforce d'optimiser la synergie entre les deux systèmes.

Les données océaniques brutes, qui intéressent les scientifiques, peuvent être incompréhensibles aux responsables politiques et autres décideurs chargés de réagir au changement climatique, de gérer les pêcheries ou de sécuriser la navigation. Le GOOS et le PMRC s'emploient à mettre au point des modèles océaniques et climatiques pouvant apporter davantage d'informations ciblées pour la prise de décisions.

La prévision à long terme reste rare

Les océans mondiaux, qui couvrent une si grande portion de notre Terre, sont le bien commun de toutes les nations – mais très peu de personnes vivent sur les océans. Alors que presque tous les pays, riches ou pauvres, possèdent une agence météorologique nationale chargée d'observer l'atmosphère et d'émettre des prévisions, bien peu d'entre eux possèdent des agences océanographiques nationales ayant pour mission d'observer l'océan, et moins encore d'observer l'océan mondial.

Le réseau d'observation de l'océan a pu se construire grâce aux travaux constants des chercheurs en océanographie. Mais cela même donne lieu à d'autres problèmes : les courantomètres de subsurface, par exemple, surveillent depuis plus d'une décennie une partie de la circulation thermohaline de l'Atlantique (voir *Le tapis roulant de l'océan*), mais un certain nombre d'entre eux ne seront pas renouvelés, du fait que les agences nationales de recherche préfèrent financer des nouveautés et qu'il ne se trouve personne pour prendre le relais une fois que cette surveillance a cessé.

La réticence des gouvernements du monde à s'engager dans des observations prolongées est la conséquence d'une vue à court terme. Face à la lenteur de l'action politique pour lutter contre l'accroissement de la production de gaz à effet de serre (voir *Montréal souffle le chaud et le froid*), il est clair que le climat poursuivra son évolution, et même à un rythme accéléré.

Les observations et la recherche scientifique sont indispensables pour nous permettre de comprendre comment le climat régional va changer, afin d'affiner nos prévisions sur les modifications à court terme des conditions climatiques locales, de faire progresser des connaissances insuffisantes sur la façon dont la chimie et les écosystèmes océaniques pourraient évoluer, et afin de fournir aux gouvernements et aux citoyens du monde de meilleures informations qui les aideront à prendre des décisions quant à l'avenir.

Les êtres humains ont provoqué une perturbation sans précédent du climat de la planète. Pour faire face à ces conséquences, il nous faut réunir le plus grand nombre possible d'informations.

Albert Fischer⁴

Pour en savoir plus : <http://ioc.unesco.org/iocweb/climateChange>

4. Spécialiste de programme à la COI de l'UNESCO et océanographe physique

Montréal souffle le chaud et le froid

Après des négociations prolongées, les 180 pays réunis à Montréal (Canada) à l'occasion de la Conférence des Nations unies sur le changement climatique ont décidé, le 10 décembre, d'entamer des pourparlers, sans engagements contraignants, sur de nouveaux objectifs pour réduire les émissions de gaz à effet de serre lorsque le Protocole de Kyoto viendra à expiration en 2012. Le Protocole de Kyoto oblige les pays industrialisés qui l'ont ratifié à réduire, d'ici à 2012, leurs émissions de gaz à effet de serre de 5% par rapport au niveau de 1990. Le traité est entré en vigueur en février 2005 après ratification par la Fédération de Russie.

Les critiques du Protocole de Kyoto déplorent l'absence d'objectifs contraignants s'appliquant aux pays en développement. Or, à Montréal, ces derniers ont offert l'occasion d'en discuter. Ils ont, pour la première fois, présenté un important instrument juridique de lutte contre le changement climatique, auquel ils ont incorporé des restrictions au déboisement – responsable des gaz à effet de serre à hauteur de 18 %, selon une étude publiée pendant la conférence par le World Resources Institute. Parmi les pays en développement qui ont déjà pris des dispositions dans ce sens se trouve le Gabon, où un nouveau code des forêts impose d'observer une rotation de 25 ans pour l'abattage des arbres, afin de préserver les forêts qui couvrent 80 % du territoire.

Il est de fait que c'est dans les pays du monde en développement connaissant la plus forte croissance économique que se produit l'augmentation la plus rapide des émissions de gaz à effet de serre. Toutefois, les émissions annuelles de CO₂ par habitant n'en restent pas moins bien supérieures dans les pays industrialisés qu'elles ne le sont en Chine ou en Inde (voir figure).

Un rapport publié par la Convention Cadre des Nations unies sur le changement climatique (UNFCCC) en novembre dernier estime que les pays développés ont, dans leur ensemble, réussi à réduire de 5,9 % leurs émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2003 – en grande partie au début des années 1990 alors que les pays d'Europe de l'Est et d'Europe centrale effectuaient leur transition vers l'économie de marché. Avec le retour à l'équilibre de ces pays, et du fait que les émissions de certains pays industrialisés sont montées en flèche entre 1990 et 2002, l'UNFCCC n'exclut pas « la possibilité d'une remontée des émissions d'ici à 2012 ».



Des protestataires peu satisfaits de la lenteur des négociations de Montréal



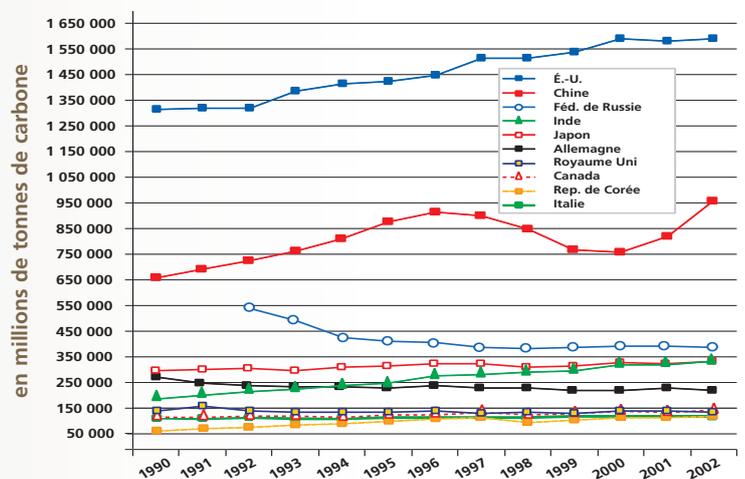
Des délégués fêtent la clôture de la Conférence des Nations unies sur le changement climatique réunie à Montréal, après qu'une séance de négociations de toute une nuit a permis de poursuivre les débats officiels sur les cibles de l'après Kyoto

Émissions annuelles de CO₂ par habitant en tonnes de carbone



Source des deux graphiques : <http://cdiac.ornl.gov>

Évolution des émissions de CO₂ 1990–2002 Les 10 plus gros émetteurs



Prix scientifiques décernés au Forum de la science

Sept prix scientifiques de l'UNESCO ont été décernés le 10 novembre lors du Forum mondial de la science organisé à Budapest par l'Académie des sciences hongroise, l'UNESCO et le Conseil international pour la science (CIUS) sur le thème : **Savoir, éthique et responsabilité.**

Le **Prix Kalinga de vulgarisation de la science** a été attribué à Jeter Jorge Bertoletti (Brésil). Professeur à l'Université pontificale catholique de Rio Grande do Sul, Jeter Jorge Bertoletti est également fondateur et directeur du musée scientifique et technologique de cette université, le plus grand d'Amérique latine. En 2001, il a lancé le projet de Musée itinérant. Ce « musée dans un camion » propose aux communautés de Rio Grande do Sul des expositions, des expériences et des conférences.



Étudiants et professeurs visitant, à Carazinho, Rio Grande do Sul, le « musée dans un camion » créé par le Prof. Bertoletti

Le prix **Carlos J. Finlay pour la microbiologie** a été attribué à Khathiah Binti Mohamad Yusoff (Malaisie), de l'Universiti Putra Malaysia de Selangor, pour la collaboration qu'elle a faite à la recherche sur les vaccins, sur les virus de la volaille et la Maladie à virus de Newcastle.



Le Prof. Dong-Lai Feng dans son laboratoire. Ses recherches portent sur la superconductivité, les systèmes fortement corrélés, le magnétisme, les nanosciences et l'élaboration de nouvelles techniques, comme la photo-émission par laser et les phénomènes résonnants de dispersion des rayons X doux

Le **Prix de la science UNESCO** a été remporté par le Professeur Alexander Balankin (Mexique), de l'Institut polytechnique national, pour ses travaux sur la mécanique fractale et les techniques d'exploration dans l'industrie pétrolière. Citoyen mexicain né en Russie, il a fondé le Groupe national interdisciplinaire de recherche sur la mécanique fractale et l'*Escuela superior de ingeniería mecánica y eléctrica*.

Le **Prix Javed Husain pour les jeunes scientifiques** a été décerné au Professeur Dong-Lai Feng (Chine), de l'Université Fudan, de Shanghai. À 33 ans, à peine, il dirige déjà l'équipe de recherche sur les systèmes complexes de quanta, élément du Laboratoire des matériaux avancés de Shanghai. Il a fait d'importantes contributions aux connaissances de la superconductivité à haute température.

Le prix est attribué à des scientifiques de moins de 35 ans.

Le **Prix international de l'eau du Grand fleuve artificiel** est allé au Dr Sayyed Ahang Kowar (Iran), qui a consacré sa vie à créer et réaliser la répartition et la conduite des eaux de crues comme moyen de recharger les nappes souterraines et d'améliorer la qualité de l'environnement.

Le **Prix Sultan Qaboos pour la protection de l'environnement** a été attribué ex-aequo à l'Autorité du parc marin de la Grande barrière de corail d'Australie et au Dr Ernesto Enkerlin-Hoeflich (Mexique). Le parc marin de la Grande barrière de corail est un site UNESCO du patrimoine mondial. Ernesto Enkerlin-Hoeflich est président de la Commission nationale des zones naturelles protégées du Mexique. Il a œuvré à l'inscription de cinq nouveaux sites mexicains au Réseau mondial de l'UNESCO des réserves de biosphère.

La **Médaille de l'Institut Pasteur-UNESCO** a été remise au Professeur Mireille Carmen Dosso (Côte d'Ivoire). En qualité de Directeur de l'Institut Pasteur de la Côte d'Ivoire, elle s'est investie dans la recherche et la prévention concernant le VIH-sida et d'autres maladies tropicales telles que la tuberculose, le paludisme et la poliomyélite. La Médaille récompense une contribution remarquable et innovante à la santé, la fermentation, l'agriculture ou l'alimentation.

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

La télémédecine permet de repenser la formation médicale

Le 7 septembre, l'UNESCO a mis en place une **Chaire de télémédecine pour le téléenseignement multidisciplinaire dans le cadre de ses réseaux de jumelage inter-universitaire (UNITWIN)**. Cela porte à 13 le nombre de chaires UNESCO en médecine.

La Chaire s'appuie sur la renommée de l'Organisation mondiale d'études spécialisées sur les maladies de l'œsophage (OESO), ONG française devenue référence mondiale pour les affections de l'œsophage. L'OESO propose en ligne un contenu médical de haut niveau mis au point par la Fondation OESO dans le domaine de la santé en général et de la gastroentérologie en particulier⁵.

La Chaire bénéficiera des compétences de la Fondation *Health on the Net* et, par le biais d'Universanté-RAFT (Réseau en Afrique francophone pour la télémédecine), des activités de téléenseignement de l'Université de Genève (Suisse). À partir de cette université, siège du Service d'Informatique médicale et de la Fondation OESO, un programme de formation médicale continue à distance sera proposé par les universités à l'origine de la Chaire : São Paulo (Brésil), Yaoundé (Cameroun), Abidjan (Côte d'Ivoire), Helsinki (Finlande), Paris VI (France), Sendai (Japon), Beyrouth (Liban), Rabat (Maroc) et Dakar (Sénégal).

5. L'OESO et la Fondation OESO ont été l'objet d'une Résolution de l'UNESCO soutenant cette démarche, approuvée à la Conférence Générale de 1999



Cours par images statiques via Internet. On voit ici une radio de l'œsophage d'un patient anonyme. L'orateur, filmé par une 'webcam', répond par micro ou par courriel aux questions posées par des étudiants depuis l'auditorium. Les Centres connectés adapteront ensuite ce cours à leurs propres besoins

Ces universités, et celles qui s'y joindront, proposeront, en 2006 sur Internet, des programmes d'enseignement à distance en anglais et en français, en direct ou enregistrés, comportant deux aspects: cours par images fixes ou animées, et vidéoconférences entre spécialistes discutant un cas clinique anonyme. Cette technologie s'adaptera aux moyens techniques de chaque centre.

Un éventail varié de services, régulièrement renouvelé, sera proposé à tous les pays membres de l'UNESCO, allant de cas cliniques pratiques à des débats de sciences fondamentales, de cours traditionnels à des démonstrations chirurgicales.

Le Professeur Robert Giuli est membre de l'Académie nationale française de chirurgie et Directeur scientifique de l'OESO. Il est également l'initiateur du projet. « Cette Chaire UNESCO représente l'aboutissement d'une démarche entreprise il y a plus de vingt années », dit-il, « lorsque l'OESO a convaincu des spécialistes mondiaux de toutes disciplines, aussi bien cliniques que fondamentales, et s'intéressant à la même partie du tube digestif, à s'associer dans des travaux coopératifs, puis dans ses congrès multidisciplinaires novateurs. D'emblée », rajoute-il, « l'OESO s'est attachée à mettre en œuvre la diffusion du savoir et le partage des connaissances, l'un des aspects essentiels de la mission de l'UNESCO ».

Le *Knowledge Interactive Information System* de l'OESO est une base de données évolutive qui propose déjà les réponses à 1 420 questions sur des sujets précis d'oesophagologie. Le site de la Fondation OESO donnera accès à cette base de données.

Pour en savoir plus : www.oeso.org; www.oeso-foundation.org; robert.giuli@oeso.org

Adoption de la *Déclaration* sur la bioéthique et les droits de l'homme

La Conférence générale de l'UNESCO a adopté, le 19 octobre, la *Déclaration sur la bioéthique et les droits de l'homme*.

La *Déclaration* répond à un véritable besoin de normes éthiques internationales en matière de médecine, de sciences de la vie et des technologies associées, à mesure que se multiplient, souvent en dehors de tout cadre régulateur, des pratiques dépassant les frontières nationales : réalisation simultanée dans différents pays de projets de recherche et d'expérimentation du domaine biomédical ; importation et exportation d'embryons

Hélice ADN



et de cellules souches embryonnaires, d'organes, de tissus et de cellules ; circulation trans-frontière de collections de tissus, d'échantillons d'ADN et de données génétiques.

Alors qu'il revient encore aux États d'élaborer les documents et instruments adaptés à leurs cultures et traditions, le cadre général proposé par la *Déclaration* peut contribuer à « mondialiser » la bioéthique.

Le premier des principes posés par la *Déclaration* est le respect de la dignité humaine et des droits de l'homme, avec ces deux précisions : « Les intérêts et le bien-être de l'individu devraient l'emporter sur le seul intérêt de la science ou de la société » et « Si l'application des principes énoncés dans la présente *Déclaration* doit être limitée, ce devrait être par la loi, y compris les textes législatifs qui concernent la sécurité publique, l'enquête, la détection et les poursuites en cas de délit pénal, la protection de la santé publique ou la protection des droits et libertés d'autrui. Toute loi de ce type doit être compatible avec le droit international des droits de l'homme ».

Le texte énonce plusieurs autres principes. Certains sont déjà classiques – consentement éclairé ; respect de la vie privée et confidentialité ; non-discrimination et non-stigmatisation – mais la notion de responsabilité sociale est nouvelle. Elle rappelle que le progrès des sciences et des technologies devrait promouvoir le bien-être des individus et de l'espèce humaine, notamment favoriser l'accès à des soins de santé de qualité et aux médicaments essentiels, l'accès à une alimentation et un approvisionnement en eau adéquats. Le principe d'un partage des bienfaits est également affirmé (plusieurs formes de partage sont proposées), ainsi que la protection de l'environnement, de la biosphère et de la biodiversité.

La *Déclaration* s'intéresse aussi à l'application de ces principes, encourageant « le professionnalisme, l'honnêteté, l'intégrité et la transparence dans la prise de décisions », ainsi que la mise en place de comités d'éthique indépendants, pluridisciplinaires et pluralistes. En matière de pratiques transnationales, elle prévoit : « Lorsqu'une activité de recherche est entreprise ou menée d'une autre façon dans un ou plusieurs Etats – le ou les Etat(s) hôte(s) – et financée par des ressources provenant d'un autre Etat, cette activité de recherche devrait faire l'objet d'un examen éthique d'un niveau approprié dans l'Etat hôte et dans l'Etat dans lequel la source de financement est située ».

Le Comité international de bioéthique de l'UNESCO a consacré une année entière à la rédaction de la *Déclaration*, en consultation avec les États membres et d'autres organismes spécialisés, et il a fallu une autre année pour que des réunions intergouvernementales d'experts mettent au point sa rédaction définitive

Trois programmes vont promouvoir les *Déclarations* élaborées par l'UNESCO ces dernières années : l'Observatoire mondial de l'éthique, ensemble de bases de données qui se met actuellement en place ; un programme qui aide les comités de bioéthique, notamment en publiant des guides pratiques ; et enfin un nouveau programme d'éducation relatif à l'éthique.

La Déclaration est disponible sur : <http://portal.unesco.org/shs.html>

Des physiciens s'engagent pour le développement durable

Plusieurs centaines de physiciens du monde entier ont quitté Durban le 2 novembre après avoir élaboré un plan destiné à apporter des solutions aux principaux défis que pose le développement durable.

Manifestation phare de l'Année internationale des Nations unies de la physique, la Conférence mondiale sur la physique et le développement durable s'est tenue du 31 octobre au 2 novembre en Afrique du Sud. Elle a fourni l'opportunité à la communauté des physiciens du monde développé de se focaliser sur la question de savoir comment elle pouvait travailler en concertation avec ses collègues du monde en développement pour le plus grand bénéfice de ces derniers. « Le fait que les physiciens du monde développé se soient fixé rendez-vous ici prouve à l'évidence combien la communauté des physiciens prend au sérieux l'idée de transférer leur savoir-faire à des homologues moins chanceux » a commenté le Dr Wiqar Hussain Shan, de l'Université fédérale ourdou d'Islamabad, au Pakistan.

Il est indéniable que les services que la physique a rendus à l'économie mondiale – dans des secteurs tels que l'électronique, la technologie informatique et des matériaux, ou bien dans le domaine de la santé, avec les rayons X, l'imagerie par résonance magnétique, la médecine nucléaire – ont davantage profité aux populations du monde développé qu'à celles du monde en développement. La conférence s'est voulue une tentative pour réorienter les efforts des physiciens en faveur des objectifs du Millénaire pour le développement, selon les termes du Président de l'Institut de physique d'Afrique du Sud, Edmund Zingu. Cet Institut avait co-parrainé la Conférence avec l'UNESCO et son Centre international Abdus Salam de physique théorique, ainsi qu'avec l'Union internationale de physique pure et appliquée. Quelque 250 physiciens de pays en développement et de l'Europe de l'Est ont pu y participer, grâce à des fonds mis à leur disposition par de nombreuses organisations.

Dans le cadre de l'**enseignement de la physique**, les physiciens se sont engagés à mettre d'importantes ressources de qualité à la disposition des pays en développement, grâce à la création d'un site web et de centres de ressources en Afrique, en Asie et en Amérique latine. Ils élaboreront du matériel pédagogique pour renforcer les cours de physique dans l'enseignement secondaire et aider les élèves à comprendre les liens existants entre la physique et le développement durable. Ils proposeront des ateliers types pour les enseignants formateurs d'Afrique, d'Asie et d'Amérique latine, afin d'illustrer la technique de l'apprentissage actif comme moyen d'améliorer l'enseignement au lycée. Le matériel documentaire réalisé sera accessible en ligne. Une équipe scientifique pluridisciplinaire et mobile sera également mise en place en vue de fournir un soutien à travers un site web de l'Institut de physique au Royaume-Uni⁶.

6. www.mobilescience.info

Le deuxième thème était **physique et développement économique**. La contribution de cette science à l'économie est essentielle, comme l'a rappelé à Durban Peter Melville, de l'Institut précédemment cité. Dans son pays, les industries axées sur la physique emploient 43 % de la main d'œuvre industrielle.

Parmi les actions proposées à Durban figurent un centre de formation au développement économique en vue de former des physiciens à l'entrepreneuriat et un réseau en ligne consacré à la physique et à l'agriculture. Un projet de recherche conjoint sur les nanosciences et les nanotechnologies au service du développement économique, axé sur l'eau, l'air et l'énergie, sera également lancé.

Dans le domaine **énergie et environnement**, l'accent sera mis sur la réduction de la pollution et l'amélioration du rendement en matière de transport, à travers des recherches sur de nouvelles piles et sur les moyens d'améliorer la technologie des moteurs à combustion interne en vue d'une application hybride. Des équipes développeront les technologies d'électricité solaire photovoltaïque, notamment de nouveaux procédés de production et de stockage de l'électricité respectueux de l'environnement. De plus, pour couvrir les besoins élémentaires en énergie (électricité, biocombustibles, thermique) de petites communautés, une mini-usine d'énergie peu onéreuse, multifonctionnelle, de type universel fonctionnant à la biomasse, sera mise au point selon les disponibilités locales en biomasse.

Enfin, en matière de **physique et santé**, des ressources didactiques vont être mises à disposition grâce au site web *Physics and Engineering Resources for Healthcare Development* (PERHD), hébergé par le portail de la Conférence de Durban. Un autre projet utilisant des ressources communes à des institutions du monde entier mettra en place un réseau de centres de formation en radiothérapie et fournira des orientations pour des cursus en physique médicale.

Pour en savoir plus : www.wcpsd.org

Premier pas vers un institut de l'environnement

L'UNESCO et l'Italie ont franchi la première étape pour la mise en place d'un institut pour le développement environnemental, en signant le 18 octobre un mémorandum d'accord au Siège de l'UNESCO, à Paris.

L'institut devrait se situer à Trieste (Italie) et proposer un programme international pour l'éducation, la formation et le renforcement des capacités en matière de protection de l'environnement. L'Italie accueille déjà le Centre international Abdus Salam de physique théorique, aux termes d'un accord tripartite entre le gouvernement Italien, l'UNESCO et l'AIEA.

La prochaine étape vers la mise en place de cet institut sera une étude de faisabilité, qui sera menée conjointement par les autorités italiennes et l'UNESCO, en particulier par son secteur des Sciences exactes et naturelles. Les conclusions seront alors soumises au Conseil exécutif de l'UNESCO pendant le prochain exercice biennal, en vue d'une décision finale lors de la prochaine Conférence générale, fin 2007.

Sabrina Krief

L'Homme, un grand singe comme les autres ?

Alors qu'il est « minuit moins une minute pour les grands singes⁷ », Sabrina Krief explique dans nos colonnes pourquoi la disparition de nos plus proches parents serait aussi une tragédie pour l'homme. Vétérinaire et docteur en Écologie et chimie des substances naturelles, Sabrina Krief est maître de conférences au Muséum national d'histoire naturelle en France.



Singes et grands singes, est-ce seulement une question de taille ?

Non, la taille et le poids importants des gorilles, chimpanzés, bonobos et orangs-outans ne sont pas les seuls critères qui les distinguent des autres Primates. D'autres traits, comme de longs bras, une poitrine aplatie dorso-ventralement, l'absence de queue et un cerveau très développé sont aussi des particularités des grands singes. Ils peuvent vivre jusqu'à 50 ans – et même plus en captivité – et les femelles ne donnent naissance qu'à un seul petit, tous les 5 à 7 ans et ce, à partir de l'âge de 13–14 ans.

En septembre dernier, le séquençage complet du génome d'un chimpanzé mâle adulte, Clint (appartenant à la sous-espèce *Pan troglodytes verus*) a confirmé que la différence génétique entre l'homme et le chimpanzé⁸ ne dépasse pas 1,23%. Même si ce formidable travail de séquençage représente une avancée considérable dans la connaissance de l'espèce, il ne permet pas encore d'apporter de nouvelles réponses à la question de nos origines et de notre spécificité, « Quel est le propre de l'homme ? » En effet, seules les fonctions des gènes qui diffèrent, leur expression et leur régulation nous apporteront des moyens pour comparer vraiment les deux espèces.

Chimpanzés, bonobos, orangs-outans et gorilles présentent donc avec l'homme, outre des ressemblances anatomiques et physiologiques, une proximité génétique frappante. Mais, pour mieux les connaître et comprendre leur diversité comportementale, il faut les étudier dans leur habitat ; dans ces zones tropicales où vivent les grands singes, les observations du comportement des chimpanzés remettent en cause la frontière entre humanité et animalité.

On parle même de « culture » chez les chimpanzés ?

Les différentes populations de chimpanzés utilisent et façonnent des outils, présentent des comportements qui leur sont propres et qui se transmettent de génération en génération par apprentissage : ce sont des traits dits « culturels ».

Ces traditions culturelles, riches et variées, s'expriment dans des registres comme la collecte et la manipulation de nourriture,

les relations sociales, le confort et l'hygiène. Par exemple, les chimpanzés de Taï en Côte d'Ivoire et de Bossou en Guinée utilisent marteaux et enclumes pour ouvrir des noix. En Tanzanie, à Mahale, les chimpanzés pêchent les termites avec des écorces ou des herbes, alors qu'à Gombe, ils utilisent des brindilles et une technique à deux mains pour récupérer des fourmis dans leur nid. Plus au nord, en Ouganda, deux chimpanzés qui se toilettent s'empoignent souvent la main face à face, découvrant ainsi leurs aisselles qu'ils toilettent alors mutuellement. Ils épouillent aussi attentivement des feuilles ou bien les déchirent avec leurs lèvres, ce qui est, selon les communautés, un signal de jeu ou un moyen pour courtiser les femelles.

Ainsi, leur système de communication est complexe, ils chassent en groupe de petits mammifères, développent des alliances dans leur communauté qui peut atteindre jusqu'à 150 individus.

Avec la description d'un ensemble de traits culturels, on peut ainsi reconnaître la communauté d'origine d'un chimpanzé. On recherche aussi dans l'étude du comportement des chimpanzés à décrypter celui de notre ancêtre commun, afin de mieux appréhender nos origines. Ces comportements sont particulièrement bien connus et identifiés grâce à la comparaison des données de huit communautés de chimpanzés, regroupant ainsi 151 années⁹.

Il y a encore 50 ans, on ne savait presque rien du comportement des chimpanzés en milieu sauvage : il reste encore beaucoup à découvrir des grands singes, à condition bien sûr qu'on parvienne à préserver leur habitat.

Les études de terrain à long terme sur les chimpanzés ont permis d'en apprendre beaucoup sur leurs comportements culturels mais que sait-on des autres grands singes ?

Effectivement, les données sont souvent plus fragmentaires pour les autres grands singes. Les bonobos sont endémiques de la République démocratique du Congo (RDC) et les études de terrain dans ce pays en proie à d'importantes difficultés internes sont rendues complexes ; les gorilles vivent aussi dans des zones où les guerres et les maladies telles qu'Ébola rendent les observations difficiles.

Quant aux orangs-outans, la déforestation et les feux de forêts sont aussi des entraves aux travaux sur les individus sauvages. Néanmoins, les données montrent qu'ils partagent certains comportements culturels décrits chez les chimpanzés et en pratiquent certains jamais décrits chez les chimpanzés : les orangs-outans utilisent des feuilles pour faire du bruit, se réfugient sous des nids pour s'abriter de la pluie ou encore utilisent des feuilles comme gants pour tenir des fruits épineux.

Les bonobos quant à eux se couvrent parfois de feuilles lorsqu'ils sont dans leur nid. Le régime alimentaire des bonobos comprend des plantes aquatiques mais alors qu'à Lomako, ils restent quadrupèdes pour entrer dans l'eau, à Wamba et Lukuru, les bonobos entrent dans des eaux plus profondes, se dressant en position bipède.

C'est d'ailleurs en milieu « aquatique » que l'on a observé pour la première fois l'utilisation d'outils par des gorilles sauvages (des observations publiées il y a quelques semaines seulement¹⁰). Alors qu'elle tentait de traverser un trou d'eau, une femelle gorille de plaines dans le parc national Nouabalé-Ndoki au nord de la RDC s'est saisie d'une branche pour sonder la profondeur de l'eau et avancer dans le marécage avant de rebrousser chemin. Une seconde observation conduite sur un autre groupe est relative à l'utilisation d'une branche détachée d'un arbre mort, utilisée par une femelle gorille pour se stabiliser alors qu'elle cueillait des plantes aquatiques de l'autre main. Cette branche lui a ensuite servi de « pont » pour se déplacer sur le sol instable et détrempé du marécage.

La connaissance et la conservation de cette diversité « culturelle » des grands singes dépend donc étroitement de notre capacité à faire reculer les menaces qui pèsent sur leur survie.

L'homme est-il donc un Grand Singe comme les autres ?



Oui, car il partage beaucoup de caractères communs avec eux. Non, car il est le seul à avoir une large distribution sur la planète et à être en constante expansion démographique. L'homme est aussi celui qui, par ses pratiques, accélère la disparition de ses plus proches parents et le seul à pouvoir agir pour relever le défi d'empêcher leur extinction.

Un chimpanzé de Kibale consommant des feuilles de Trichilia, dont Sabrina Krief et ses collègues ont extrait des molécules antipaludiques

Les grands singes sont donc en danger imminent ?

Les estimations parlent de moins de 400 000 grands singes sur la planète : les gorilles de l'Est comptent quelque 700 gorilles de montagnes appartenant à deux populations et 3000 à 5000 gorilles de plaine de l'Est, alors que ceux de l'Ouest ne compteraient que 200 gorilles de la population Cross River et 94 000 gorilles de plaines de l'Ouest. Les quatre sous-espèces de chimpanzés présentes dans 21 pays du Sénégal à la Tanzanie comptent de 170 000 à 300 000 chimpanzés selon les estimations, et seuls 15 000 à 50 000 bonobos vivraient en RDC. Quelque 45 000 à 70 000 orangs-outans vivent dans les forêts de Bornéo et seulement 3 500 survivent à Sumatra¹¹.

Les recensements sont difficiles dans ces vastes zones où les densités de populations sont extrêmement variables et le déclin rapide et très alarmant des populations rendent les chiffres vite obsolètes : dans certaines forêts d'Afrique centrale, Ébola, cette maladie virale émergente qui frappe l'homme, a aussi provoqué le déclin de 50 à 90% de la population sauvage de grands singes, gorilles et chimpanzés.

Les maladies font donc parties des menaces qui frappent aussi les grands singes ?

Les grands singes, on l'a dit, sont très proches de l'homme physiologiquement et anatomiquement. Ils sont donc vulnérables à certaines maladies qui touchent l'homme, comme la poliomyélite, l'anthrax et Ébola mais sont aussi porteurs d'agents pathogènes proches de ceux des hommes comme l'agent parasite du paludisme, ou encore le virus d'un VIS, très semblable au VIH. C'est pour cette raison que les grands singes avaient très vite été choisis comme modèle expérimental en laboratoire pour l'étude des maladies et des traitements pour l'homme.

C'est aujourd'hui cette même proximité, ainsi que la progression de nos connaissances sur leurs capacités cognitives, qui rendent complètement inconcevable leur utilisation à des fins d'expérimentation animale.

Pourquoi se battre plus pour les grands singes alors que des centaines d'autres espèces disparaissent aussi ?

Les grands singes, s'ils ne doivent plus servir de modèles de laboratoire, peuvent, dans leur habitat, nous apprendre énormément. Ainsi, il y a une trentaine d'années, R. Wrangham observait que les chimpanzés utilisaient des plantes aux feuilles rugueuses pour contrôler leur parasitisme.

Plus tard, M. Huffman montra que ce sont les propriétés chimiques des tiges amères de *Vernonia amygdalina* qui permettent aux chimpanzés de retrouver un meilleur état de santé.

Puisqu'ils sont sensibles à certaines de nos maladies, nous avons émis l'hypothèse que les chimpanzés pouvaient nous guider vers des plantes qui seraient utiles aussi pour traiter les maladies de l'homme.

Récemment, nous avons donc isolé à partir de plantes consommées par les chimpanzés de Kibale en Ouganda des molécules à activités antitumorales et antipaludiques *in vitro*. Ce sont des plantes qui sont consommées rarement, en petite quantité et selon des comportements particuliers et qui néan-

Deux chimpanzés à Kibale pratiquent la poignée de main au dessus de la tête lors de l'épouillage



moins sont indispensables à la bonne santé des chimpanzés. Cet exemple souligne l'importance des relations entre végétaux et animaux et l'équilibre fragile qui les unit : toute rupture de cet équilibre peut hâter la disparition d'une population en favorisant les maladies.

Certaines des plantes ingérées par les chimpanzés sont aussi utilisées par les populations locales en médecine traditionnelle. Homme et grands singes, pour leur santé, ont besoin qu'on préserve les forêts. Elles deviennent une sorte de grand laboratoire à ciel ouvert où les chercheurs peuvent puiser des connaissances en écologie, anthropologie mais aussi pour la médecine de demain.

Les grands singes sont donc utiles aux communautés locales comme aux occidentaux ?

Les hommes puisent de nombreuses ressources des forêts. Le rythme de leur destruction montre que c'est aussi leur avenir que les hommes renversent. D'après un rapport du PNUE, en 2030 moins de 10% de l'habitat forestier des grands singes seront intacts, le sort des orangs-outans étant le plus inquiétant avec seulement 1% de leur habitat épargné.

Le Projet pour la survie des grands singes (GRASP)¹² est un élan international qui vise à la prise de conscience et la coordination des initiatives en faveur des grands singes. L'objectif est d'améliorer les conditions économiques des populations locales en valorisant la conservation des habitats des grands singes.

Sur le terrain, des projets concrets sont favorables à la conservation des grands singes et de leur habitat en harmonie avec les communautés locales, comme par exemple: l'écotourisme, la prise en compte des données écologiques de biodiversité pour le choix des parcelles d'exploitation forestière, la mise en place de programmes de développement durable dans les zones où hommes et grands singes partagent des ressources, l'appli-

cation des lois sur le commerce illégal d'animaux sauvages, et les mesures anti-braconnage alliées au développement de ressources alternatives à la viande de brousse.

Ce sont des projets de terrain de grande ampleur mais est-ce que chacun d'entre nous peut jouer un rôle ?

En évitant la multiplication des achats de téléphones portables, on participe à limiter la destruction de forêts et l'ouverture de pistes pour l'extraction du coltan dans des zones où vivent les gorilles en RDC. En effet, le coltan, un minerai résistant à la chaleur, est utilisé dans la fabrication des téléphones portables.

Par ailleurs, en favorisant les essences locales (châtaigner, merisier...) pour les bois que nous utilisons pour l'ameublement et la construction et en achetant des bois exotiques labellisés FSC – pour *Forest Stewardship Council* – provenant de forêts où l'exploitation n'a pas généré d'impact économiques, sociaux ou environnementaux négatifs, chacun d'entre nous peut consommer de façon à aider la préservation des forêts tropicales¹³.

Chacun peut aussi soutenir des projets de terrain, comme ceux d'ONG associées à GRASP¹⁴.

La prise de conscience par chacun d'entre nous de l'impact de l'homme sur son environnement est un grand pas dans la protection des grands singes.

Interview de Mambaele Mankoto¹⁵

Pour devenir bénévole du GRASP ou faire un don : www.unesco.org/mab/grasp/Eng/E_support.htm

Pour recevoir le bulletin du GRASP (version papier) : grasp@unep.org

7. Selon Klaus Töpfer, Directeur général du PNUE
8. *The Chimpanzee Sequencing and Analysis Consortium (2005) Nature, 437, 69–87*
9. *Whiten et al. (1999). Cultures in chimpanzees, Nature, 399: 682-685*
10. *Breuer et al. (2005) PLOS Biol, 3(11) : e 385*
11. *PNUE et World Conservation Monitoring Centre (2005) World Atlas of Great Apes and their Conservation: www.unep.org/grasp/*
12. *GRASP est un consortium dirigé conjointement par le PNUE et l'UNESCO. Lors de la réunion intergouvernementale de GRASP, en RDC en septembre 2005, 16 États de l'aire de répartition des Grands Singes ont affirmé, pour la première fois, leur volonté de sauvegarder les Grands Singes, en signant la Déclaration de Kinshasa. Voir Planète Science 3(1) et 3(4), janvier et octobre 2005*
13. *Par exemple, voir le projet : www.defipourlaterre.org*
14. *Comme l'Institut Jane Goodall : www.janegoodall.fr/index.htm ; la Fondation Pole Pole (en RDC) : kahekwajohn@yahoo.fr ; Berggorilla: www.berggorilla.org ; le Fonds Dian Fossey Gorilla (en RDC) : vitalkatembo@yahoo.com ; le Sumatran Orangutan Conservation Programme (Indonésie) : www.sumatranorangutan.org ;*
15. *Secrétaire général de GRASP et Spécialiste de programme à l'UNESCO : m.mankoto@unesco.org*

Prendre la température de la montagne

À l'avenir, le réchauffement climatique devrait se faire particulièrement sentir dans les milieux froids, comme les montagnes et les climats nordiques. Durant les deux dernières années, 350 scientifiques ont collaboré à un projet sur le Changement planétaire dans les régions de montagne (GLOCHAMORE), impliquant l'UNESCO et le *Mountain Research Institute (MRI)* dont le siège est en Suisse. Ces scientifiques ont mis en place un réseau de sites sélectionnés dans diverses réserves de biosphère de montagne, afin d'observer et d'étudier, au fil du temps, les empreintes du changement planétaire sur la nature et son impact sur les habitants de ces régions. Coordonné par l'Université de Vienne en Autriche et financé par l'Union européenne, le projet regroupait 14 partenaires de 8 pays européens, plus l'Inde. Lorsque le projet a pris fin en octobre dernier, quelque 28 réserves de biosphère du monde entier avaient été sélectionnées et les bases avaient été jetées pour la surveillance à long terme des changements dans ces sites alpins.



© D. Figure

Le quart de la superficie des terres émergées de notre globe se compose de régions montagneuses qui procurent, à près de la moitié de l'humanité, des biens et des services comme par exemple une eau douce de qualité. En dépit de l'aspect robuste des montagnes, leur

environnement est en réalité très exposé à la dégradation, ainsi qu'il apparaît à quiconque a observé les ravages causés par les mines à ciel ouvert ou le déboisement systématique des versants. En milieu alpin, les principaux moteurs du changement sont le climat, le mode d'exploitation des terres et les dépôts azotés.



© T. Schaaf

Jeunes gens dans la Réserve de biosphère de Issyk-Kul, au Kirghizstan

Le changement climatique va entraîner des pénuries d'eau pour les millions de personnes tributaires des glaciers

Pour les millions de personnes dont l'approvisionnement en eau douce dépend, en Asie et en Amérique latine, de la fonte de la neige et des glaciers le changement climatique entraînera de grandes pénuries, selon un article publié dans *Nature* le 17 novembre par une équipe de chercheurs dirigée par Tim Barnett, du *Scripps Institute of Oceanography*, situé aux Etats-Unis.

Dans de nombreuses régions du monde, les glaciers fondent à une vitesse sans précédent. La partie du Pérou qui est couverte de glaciers s'est réduite de 25 % en l'espace de 30 ans. Toutefois, selon les auteurs, « la région où la disparition des glaciers affectera peut-être le plus l'approvisionnement en eau dans les quelques décennies à venir est la Chine et certaines parties de l'Asie, y compris l'Inde, qui constituent ensemble la région Hindu Kouch-Himalaya », peuplée d'environ 50 à 60 % de la population mondiale.

La région Hindu Kouch-Himalaya recèle plus de glace que tout autre lieu de la terre, exception faite des régions polaires. Les auteurs déclarent qu'« il ne fait aucun doute que les glaciers de la région Hindu-Kouch-Himalaya fondent et que ce phénomène est concomitant avec une élévation à long terme des températures de l'air près de la surface ». Après 25 ans de travaux, *l'Inventaire des glaciers de Chine*, qui vient d'être rendu public, signale une fusion substantielle de pratiquement tous les glaciers, le recul le plus marqué (750 m) pendant ces 13 dernières années étant notamment celui du glacier qui alimente l'une des principales sources du fleuve Yangtze, le plus grand de Chine... Les auteurs ajoutent que la fusion semble aller en s'accéléralant.

« Le cycle hydrologique de la région est affecté par la mousson d'Asie mais il n'est pas douteux que la fusion des glaciers fournit à la région une source d'eau essentielle dans les mois d'été : jusqu'à 70 % du débit estival du Gange et 50 à 60 % de celui des autres fleuves. En Chine, 23 % de la population vit dans les régions de l'ouest, où la fonte des glaces constitue le principal apport d'eau en saison sèche ».

Les auteurs concluent : « il semble que certaines parties des régions les plus peuplées du globe soient menacées de manquer d'eau en saison sèche si les tendances actuelles du réchauffement et de la fonte des glaces se poursuivent pendant encore quelques décennies. Il est peut-être encore temps de planifier une stratégie à long terme qui permettrait à la région de faire face à ce problème ».

Source : *Nature* 438, 303 (2005) et M. Shanahan pour *SciDev.net*



Dans la chaîne de montagne Cordillera Blanca d'Amérique latine, la zone couverte par les glaciers a sensiblement rétréci depuis 30 ans. Vue du glacier Yanamarey, en régression accélérée, dans la Réserve de biosphère du Huascarán, au Pérou



© INREVA

Signes manifestes du changement climatique

Dans une étude menée en 2004 dans le cadre du projet GLOCHAMORE, les gestionnaires des réserves de biosphère de montagne ont relaté leur expérience vécue du réchauffement planétaire. En tête de leurs préoccupations figure l'impact économique des modifications du milieu naturel. Dans la Réserve de biosphère de Kosciusko en Australie, par exemple, où quatre stations de ski procurent à la région un revenu annuel d'environ 190 millions de dollars australiens, la saison hivernale tend à se raccourcir. Dans la Réserve de biosphère de Changbaishan, en Chine, la diminution du couvert neigeux se traduit pour les paysans par une réduction de la quantité d'eau disponible pour l'agriculture. Dans la Réserve de biosphère du mont Kenya, des crues subites et autres phénomènes hydrologiques sont en train d'envaser les systèmes hydrauliques et les canalisations servant à l'irrigation. Les communautés locales souffrent également de pénurie d'eau, comme dans la Réserve de biosphère de Kruger to Canyons, en Afrique du Sud.

C'est sur la végétation que se manifeste le plus nettement l'impact du réchauffement du climat. La Réserve de biosphère de Changbaishan a signalé que « le bouleau alpin *Betula ermannii* s'est déplacé en altitude ces 20 dernières années vers l'écosystème de toundra. On a constaté que chez certaines espèces, comme le *Larix olgensis* et l'*Abies nephrolepis*, la biomasse semble avoir augmenté avec le réchauffement du climat ». Autrement dit, ces deux espèces végétales prolifèrent en raison de l'élévation de la température, phénomène qui finira par entraîner un déséquilibre écologique.

Voici une liste non exhaustive des effets du changement climatique dans les réserves de biosphère de montagne. Les signes énumérés ci-dessous sont souvent liés entre eux, ce qui suggère que tout effet du changement climatique peut déclencher des réactions en chaîne, à la fois dans la sphère physique et sociale :

- Intensification du rayonnement ultraviolet du soleil
- Fonte des glaciers
- Dégel des pergélisols, entraînant une intensification de l'érosion (éclatement des roches et autres minéraux à la surface ou juste en dessous dû au changement de température ou d'humidité, etc.)
- En raison de l'intensification de l'érosion, sols plus secs, subsidence, envasement, glissements de terrains etc.
- Fréquence et violence accrues des tempêtes, inondations, incendies, glissements de terrains et avalanches
- Modification de la distribution et du nombre des espèces végétales et animales
- Allongement de la période de croissance de la végétation, dans la mesure où ses divers étages se déplacent en hauteur dans la montagne
- Diminution des chutes de pluie et de neige (précipitations)
- Assèchement de l'étage forestier par suite de la diminution des précipitations
- Augmentation des risques d'incendie, par suite de l'assèchement de l'étage forestier
- Intensification des rivalités chez les populations humaines des basses terres pour s'approprier des ressources naturelles en diminution.



© Li Yang

Station météorologique du lac Céleste, à 2 600 m d'altitude, dans la Réserve de biosphère de Changbaishan, en Chine. D'autres stations étudient les facteurs hydrologiques et l'activité sismique et volcanique

Des scientifiques font des relevés glaciologiques dans le manteau neigeux de la montagne afin de reconstituer l'histoire du climat à partir des couches sédimentaires et des carottes de glace. Ils se trouvent dans le Glacier National Park de l'État du Montana, aux É-U

Les paysages de montagne sont parmi les écosystèmes les plus complexes et les plus fragiles de la planète. Leur verticalité même impose une variété considérable d'habitats dont la juxtaposition est saisissante au regard des faibles différences d'altitude. En régions tropicales ou subtropicales, cette variété se manifeste par la présence de palmiers dans les étages inférieurs et de glaciers en hauteur ou, ce qui est moins frappant, les différences dans les espèces d'insectes, à mesure que vous escaladez le flanc de la montagne.

Pour calculer et prévoir les effets des changements climatiques dans ces milieux, l'investigation scientifique doit disposer d'une vaste expertise. Les participants au projet GLOCHAMORE ont donc mis au point une stratégie de recherche couvrant des domaines aussi divers que les modifications de l'utilisation des terres, la cryosphère (paysages gelés en permanence, d'après le terme grec cryo, froid), les régions enneigées, les systèmes hydrologiques, les prairies et la toundra, les forêts et les systèmes aquatiques, la vie sauvage, les espèces végétales et animales exogènes et les risques naturels (inondations, incendies, glissements de terrains etc.) pour n'en citer que quelques uns.

Parmi les recommandations des scientifiques participant au GLOCHAMORE, l'une concerne les mécanismes d'« alerte rapide » à mettre en place, afin de déceler l'arrivée d'organismes envahisseurs et leur impact sur l'environnement. Avec l'élévation annuelle des températures sur le long terme due au réchauffement planétaire, des espèces non endogènes de végétaux, d'insectes et d'autres animaux, par exemple, peuvent être plus susceptibles d'envahir de nouveaux écosystèmes dès lors que leur comportement n'est pas surveillé. L'absence de contrôle et de réaction peut être fatale à la structure et aux fonctions des écosystèmes de montagne. Des bestioles hostiles pourraient attaquer les plantes et les herbes qui maintiennent le sol sur la pente, par exemple. Retirez cet ancrage et vous aurez une sérieuse érosion avec glissements de terrains et des réactions en chaîne sur les habitants des communautés locales.

Un réseau de postes d'observation alpins

Le projet GLOCHAMORE a mis en place un réseau de postes d'observation pour mesurer les effets des changements sur la nature mais aussi sur les personnes qui vivent dans ces climats plutôt froids. En l'espace de deux ans, le projet a élaboré un plan d'observation de l'environnement et de la vie sociale en régions montagneuses qui facilite l'établissement de stratégies de recherche sur le changement planétaire dans certaines réserves de biosphère de l'UNESCO (voir tableau, p. 19). Rien n'empêche d'appliquer un jour la stratégie de recherche de GLOCHAMORE à d'autres réserves de biosphère de montagne – on en compte 150 en tout – ou au site du patrimoine mondial du mont Kilimandjaro en République unie de Tanzanie. Certains sites alpins se sont même vu accorder la double qualification ; c'est le cas du bassin de l'Uvs Nuur en Mongolie et du mont Kenya, qui sont à la fois réserves de biosphère et sites du patrimoine mondial. Or, il se trouve que l'impact du changement climatique sur les derniers

sites du patrimoine mondial fera l'objet d'une réunion à l'UNESCO les 16 et 17 mars prochains.

Au cours des deux années écoulées, GLOCHAMORE a défini des indicateurs pour détecter et analyser les signaux du changement dans ces régions de haute altitude et analyser les relations directes de cause à effet qui affectent chacun des écosystèmes, grâce à des marqueurs soigneusement sélectionnés. Ces indicateurs ont été gradués selon leur facilité d'emploi.



Traversée d'une rivière dans la Réserve de biosphère de Katunsky dans l'Altaï, Fédération de Russie

le 20ème siècle a déjà eu un effet certain sur les glaciers et les marges périglaciaires des montagnes. Si cette tendance devait se poursuivre, les experts prévoient que les petits glaciers de montagne pourraient fondre, de même que le pergélisol, et que l'espace occupé par les régions alpines pourrait diminuer.

Concrètement, le réseau des réserves de biosphère sélectionnées observe les indicateurs cryosphériques tels que le couvert neigeux, les glaciers, le pergélisol et la solifluxion (l'effet du gel et de la fonte du sol,

qui fait glisser sa couverture), les écosystèmes de haute montagne et d'eau douce et l'hydrologie des bassins versants, et enfin les écosystèmes terrestres, notamment la vie végétale des montagnes et certains animaux qui s'abritent sous la terre. Il a déjà mis au jour des preuves troublantes du changement climatique (voir encadré, p.17).

Preuves troublantes du changement planétaire

Dans la mesure où ils sont tous sensibles aux variations de la température atmosphérique, les glaciers, les zones de sol gelé (le pergélisol) et les régions alpines servent de révélateurs du changement climatique planétaire. Le réchauffement durant

Laboratoires vivants du développement durable

Si les réserves de biosphère de montagne de l'UNESCO ont été choisies comme sites de surveillance du projet GLOCHAMORE, c'est parce qu'elles présentent l'énorme avantage de permettre de faire des comparaisons à l'échelle mondiale ; d'autre part, parce que le « concept de biosphère » se prête remarquablement à la recherche intégrée de l'observation des changements qui affectent les milieux naturels aussi bien que socioéconomiques.

En effet, le concept de biosphère admet que les êtres humains et la nature cohabitent et que cette réalité doit être prise en compte dans les pratiques de préservation de la nature. Le concept de réserve de biosphère obéit à une démarche de découpage en zones : aires centrales de protection rigoureuse, entourées de zones tampon où la protection de l'environnement est considérée comme importante mais où la population vit et travaille également, le tout étant entouré d'une zone de transition où le développement durable est encouragé.

C'est le rapport Brundtland, *Notre avenir à tous*, qui a proposé en 1987 la définition du développement durable qui est désormais admise par tous comme la norme :

Un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs.

Le rapport Brundtland a contribué à déclencher chez les Nations unies une série d'initiatives dont les « Sommets Terre » de Rio (Brésil, 1992) qui a adopté l'Action 21, et de Johannesburg (Afrique du Sud, 2002), ainsi que la Convention cadre sur les changements climatiques, à laquelle s'est ajouté en 1997 le Protocole de Kyoto (voir p. 9).

Au Sommet Terre de Rio, les Nations unies ont mis en lumière le vaste réseau, créé par l'UNESCO, des réserves de biosphère en tant que laboratoires vivants pour les efforts de protection. Ce Sommet a marqué le début d'une prise de conscience croissante de l'importance des montagnes. Une décennie plus tard les Nations unies allaient désigner 2002 comme Année internationale des montagnes. La principale contribution de l'UNESCO serait de lancer le projet GLOCHAMORE. Il est intéressant de noter que les recherches sur la montagne ont également gagné du terrain cette dernière décennie dans l'Union européenne.

Sur l'Année internationale de la montagne, voir Planète Science 1(2) de janvier 2003



© Javier Sánchez Culebrez



© T. Schauf/UNESCO

Dans la Réserve de biosphère de la Sierra Nevada (en Espagne), la population vit tout près de la montagne, source de revenus grâce au tourisme et autres activités de loisirs. Une station de ski se situe dans la zone tampon, sur les pentes inférieures ; la zone de transition est occupée par l'agriculture et les villages

Assurer la viabilité à long terme de la surveillance des montagnes

Le choix des sites de montagnes ne s'est pas fait au hasard. Ils ont été sélectionnés dans divers pays en fonction de critères de représentativité géographique, socioéconomique et culturelle. Il fallait également vérifier si le site disposait de l'infrastructure nécessaire pour participer au projet.

Les études entreprises sur les emplacements choisis devaient intégrer des facteurs naturels et sociétaux, faisant donc appel à plusieurs disciplines scientifiques. « Par la surveillance, il est possible d'élaborer un plan qui cible les indicateurs résultant de l'activité humaine, et qui permette aux gestionnaires des réserves de biosphère de fixer par exemple des seuils de viabilité et de s'efforcer de les respecter ». C'est ce que suggère le rapport de la première réunion thématique du projet à Vienne, en 2004. Mais, conclut le rapport, « pour réaliser une étude parfaitement intégrée de ce qu'on appelle le « système nature-société », encore faut-il trouver des dénominateurs communs, et même créer un nouveau vocabulaire qui soit intelligible aux praticiens des sciences naturelles et des sciences sociales ».



© Daniel B. Fager

Glacier National Park aux É.-U.

La Déclaration de Perth déplace des montagnes

En deux ans d'activité, le GLOCHAMORE a pu organiser cinq ateliers internationaux spécialisés. Ces ateliers scientifiques portaient en général sur les moteurs du changement planétaire et l'impact de ces changements sur les écosystèmes, sur les biens et les services fournis par ces écosystèmes, sur l'économie, la santé et les dispositifs institutionnels de chacune des régions. Les actes de ces ateliers ont été publiés en une série de recueils.

Les scientifiques ont examiné les aspects les plus inquiétants du changement climatique observés dans les paysages de montagne, tels l'exploitation durable des terres, la gestion des ressources naturelles, l'évaluation des relations entre les activités humaines et les modifications du milieu, et la modélisation destinée à planifier les futurs effets du réchauffement planétaire dans les montagnes.

Le projet a abouti à une Conférence scientifique multidisciplinaire sur les changements mondiaux en région montagneuse, qui s'est tenue à Perth (Écosse), du 2 au 6 octobre. Elle capitalisait les acquis des réunions de Vienne (Autriche) et de L'Aquila (Italie) en 2004, de Grenade (Espagne) et de Samedan (Suisse) en 2005 et de la réunion « de coup d'envoi » du projet, tenue dans la Réserve de biosphère d'Entlebuch (Suisse) en novembre 2003.

La Conférence scientifique multidisciplinaire a réuni 250 délégués de 47 pays pour passer en revue les travaux du projet et définir la suite à lui donner. Les scientifiques ont profité de la conférence pour lancer un appel vibrant – la *Déclaration de Perth* – aux gouvernements, aux agences de financement et au secteur privé pour qu'ils apportent leur soutien à un nouvel effort de recherche sur les effets du changement climatique dans les écosystèmes de montagne et sur la gestion durable des milieux montagneux et des communautés établies au pied des montagnes.

Pour lire la *Déclaration de Perth* : www.unesco.org/mab/mountains/news.htm; et les *Actes des réunions de GLOCHAMORE* : www.unesco.org/mab/mountains/publications.htm

Réserves de biosphère de montagne retenues pour le projet	Altitude par rapport au niveau de la mer	
Afrique		
Tassili N'Ajjer (Algérie)	1 150	– 2 158
Mount Kenya	1 600	– 5 199
Oasis du Sud (Maroc)	680	– 4 071
Kruger to Canyons (Afrique du Sud)	200	– 2 050
Asie-Pacifique		
Kosciuszko (Australie)	213	– 2 228
Changbaishan (Chine)	720	– 2 691
Issyk-Kul (Kyrgyzstan)	1 609	– 7 439
Nanda Devi (Inde)	1 800	– 7 817
Uvs Nuur Basin (Mongolie)	759	– 3 966
Katunskiy (Fédération de Russie)	765	– 4 506
Sikhote-Alin (Fédération de Russie)	0	– 1 600
Teberda (Fédération de Russie)	1 260	– 4 047
Europe		
Gossenköllesee (Autriche)	2 413	– 2 828
Gurgler Kamm (Autriche)	1 900	– 3 400
Berchtesgaden Alps (Allemagne)	471	– 2 713
Sierra Nevada (Espagne)	400	– 3 482
Lake Torne (Suède)	340	– 1 610
Entlebuch (Suisse)	600	– 2 350
Swiss National Park (Suisse)	1 500	– 3 174
Amérique Latine		
Araucarias (Chili)	800	– 3 124
Torres del Paine (Chili)	20	– 3 050
Cinturón Andino (Colombie)	1 700	– 5 750
Huascarán (Pérou)	2 500	– 6 768
Amérique du Nord		
Mount Arrowsmith (Canada)	300	– 1 817
Glacier National Park (É.-U.)	972	– 3 185
Niwot Ridge (É.-U.)	2 866	– 3 780
Denali (É.-U.)	122	– 6 194
Olympic (É.-U.)	0	– 2 428

Les gestionnaires des réserves de biosphère de montagne auront un rôle crucial à jouer dans la viabilité à long terme de la surveillance des montagnes. Ils deviendront dépositaires de l'information et des données recueillies par le corps des scientifiques nationaux et étrangers qui vont, dans les dix prochaines années aller et venir dans ces régions. Surveiller l'évolution du climat est, par définition, une entreprise à long terme qui exige une observation *in situ* généralisée et constante. Sera également cruciale la participation d'autres parties prenantes telles que les communautés locales, afin de maintenir durablement un « poste d'observation » des changements climatiques.

Cet article est le fruit de la collaboration d'un grand nombre d'auteurs du Consortium GLOCHAMORE.

Le filtre anti-arsenic traque le tueur silencieux au Bangladesh

L'arsenic est un assassin lent et silencieux. On le trouve dans les eaux souterraines de nombreux pays à travers le monde, mais c'est au Bangladesh que la contamination a pris l'ampleur d'une épidémie. L'OMS estime que 57 millions de Bangladais – soit 44 % de la population – sont exposés au risque de boire de l'eau contaminée par l'arsenic.

À l'Institut UNESCO-IHE pour l'éducation relative à l'eau, situé à Delft (Pays-Bas), plus de 20 chercheurs venus d'Allemagne, d'Argentine, du Bangladesh, de Gambie, du Ghana, du Pérou, du Sri Lanka et d'ailleurs, ont passé les cinq dernières années à mettre au point un filtre familial peu onéreux, qui a passé brillamment les tests. Dans un deuxième temps, au début de l'année 2006, près d'un millier de filtres familiaux seront distribués dans un village choisi du Bangladesh.



Les eaux souterraines constituent la principale source d'eau potable dans beaucoup de pays du monde. Dans les zones rurales du Bangladesh et de l'Inde (au Bengale occidental), la présence d'arsenic dans ces eaux souterraines fait courir un danger à des dizaines de millions de personnes, selon l'OMS. Depuis les régions rurales du Népal voisin nous parviennent des informations similaires.

Le problème de l'intoxication par l'arsenic ne se limite cependant pas à cette partie de l'Asie (voir la carte). En Europe, par exemple, plus d'un demi million de personnes vivant dans de petites villes et des villages du nord de la Serbie boivent de l'eau présentant des taux élevés d'arsenic, qui sont parfois plus de 10 fois supérieurs aux normes de sécurité de 10 µg/l établies par l'OMS. Dans le sud de la Hongrie, de l'eau potable est contaminée dans près de 400 localités.

La présence d'arsenic dans les eaux souterraines est formellement attestée dans les pays suivants : Afrique du Sud, Argentine, Australie, Bolivie, Canada, Chili, Chine, Etats-Unis, Finlande, Ghana, Japon, Mexique, Mongolie, Népal, Nouvelle-Zélande et Thaïlande. On s'attend à découvrir prochainement de « nouveaux » cas d'eaux souterraines contaminées.

Un poison naturel

L'arsenic est un métal que l'on trouve à l'état naturel dans l'eau qui a traversé des roches riches en arsenic. Il peut également provenir d'une infiltration dans les eaux souterraines à la faveur d'une exploitation minière, de la combustion de charbon ou de la production d'électricité.

Dans l'eau potable, l'arsenic qui se présente souvent sous sa forme inorganique¹⁶, est qualifié de « tueur lent et silencieux », car sa présence n'est décelable ni par le goût, ni par l'odeur, ni par la coloration de l'eau. Il faut en général plus

16. Les substances inorganiques sont d'origine minérale, tandis que les substances organiques sont en général d'origine végétale ou animale et contiennent du carbone



Un éclat d'arsenic naturel, tel qu'on le trouve dans les minéraux



Inspection d'un filtre familial après une année d'utilisation continue. Le sable enrobé d'oxyde de fer prend une coloration brun foncé lorsqu'il est usé. L'oxyde de fer est connu également sous le nom de rouille

Enfants de la famille Gafar de Dhunchi. Les premiers symptômes de l'intoxication par l'arsenic peuvent disparaître lorsque l'on boit une eau de bonne qualité débarrassée de l'arsenic



Eaux souterraines contaminées par l'arsenic tout autour du globe

de 10 ans pour que se manifestent des symptômes certains d'empoisonnement à l'arsenic, pour lesquels il n'existe ni thérapie ni traitement médicaux efficaces. Des études récentes menées sur des êtres humains exposés sur une longue durée à la contamination par l'arsenic ont prouvé que, même à très faible dose, l'arsenic présent dans l'eau entraîne une modification de la pigmentation de la peau, un épaississement de la peau appelé hyperkératose, des troubles neurologiques et des cancers de la peau, du foie, des poumons, des reins et de la vessie.

Le seul remède : une eau potable débarrassée de l'arsenic

Les symptômes pathologiques d'une ingestion chronique d'arsenic (sur de nombreuses années) sont regroupés sous le nom d'arsenicose. L'unique moyen de prévention est la fourniture d'une eau potable débarrassée de l'arsenic. Pour réduire les dangers que présente l'arsenic pour la santé, divers organismes de santé ont élaboré des recommandations et des normes concernant la concentration de l'arsenic dans l'eau potable. L'OMS et la Commission européenne ont, par exemple, recommandé une limitation de 10 µg/l, le Bangladesh et l'Inde de 50 µg/l.



Installation de l'un des filtres familiaux dans le jardin de la famille Gafar, comprenant 10 membres, à Dhunshi

Il y a cinq ans, l'UNESCO-IHE s'est lancé dans la recherche d'une technologie efficace et abordable pour éliminer la contamination de l'eau potable par l'arsenic.

Nous étions persuadés, dès le début, qu'un système « point de distribution » était la seule solution adaptée, à court terme, à des zones rurales et à des pays en développement dépourvus de systèmes de canalisation d'eau. Puisque seuls 2 à 3 % de l'eau sont utilisés pour cuisiner et boire, la stratégie la plus efficace serait de traiter cette quantité d'eau à l'aide d'un système simple, conçu spécifiquement pour les foyers ruraux.

Après plusieurs années de recherches intenses, en laboratoire et sur le terrain, l'équipe a produit un « filtre familial » éliminant l'arsenic. Il recycle un sous-produit du traitement des eaux souterraines, du sable enrobé d'oxyde de fer.

Un filtre familial à base de sable

Les usines de traitement de l'eau utilisent, dans de nombreux pays du monde, du sable naturel pour extraire le fer, qu'ils doivent remplacer au bout de quelques années lorsque le sable s'est enrobé d'oxyde de fer. L'équipe de chercheurs de l'UNESCO-IHE a découvert que le sable enrobé d'oxyde de fer adsorbait parfaitement l'arsenic contenu dans l'eau. N'exigeant aucun produit chimique et agissant par simple gravité, le filtre pouvait se passer de source d'énergie.

En outre, en tant que déchet, le sable enrobé d'oxyde de fer est un produit gratuit, ce qui rendait peu onéreuse l'application de cette technologie.

Pour l'UNESCO-IHE, l'étape suivante consistait à effectuer des essais de terrain avec ses partenaires VITENS, la plus grande société néerlandaise de distribution d'eau, Filtrix, une société néerlandaise spécialisée dans les systèmes de traitement des eaux domestiques, le Centre

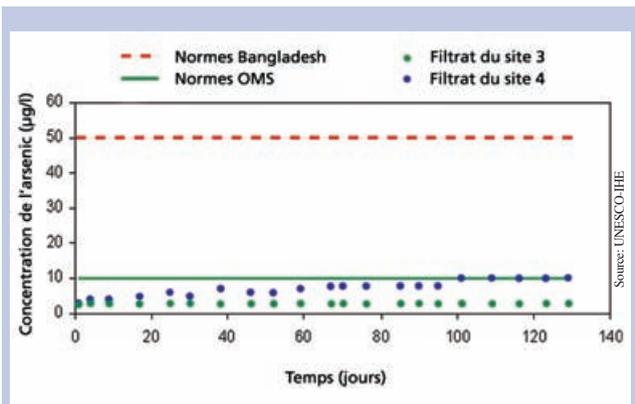
international d'approvisionnement et de traitement des eaux, et la *Christian Service Society*, une ONG bangladaise.

Une eau sans arsenic pendant deux ans

Le filtre a passé brillamment les tests (voir diagramme). Depuis février 2004, 14 filtres familiaux sont testés dans des zones rurales du Bangladesh où les eaux souterraines sont fortement contaminées par un taux de concentration d'arsenic atteignant 500 µg/l (0,5 mg/l). À l'heure où j'écris, 12 familles pauvres ou de la petite bourgeoisie comprenant entre 5 et 22 membres



Au foyer des cinq membres de la famille Hassan à Bhabanjpur (Raibarij), Mme Hassan verse de l'eau dans le filtre familial afin d'en éliminer l'arsenic qu'elle peut contenir. L'eau filtrée, à boire ou à utiliser pour la cuisine, se déposera dans le récipient vert placé sous le filtre



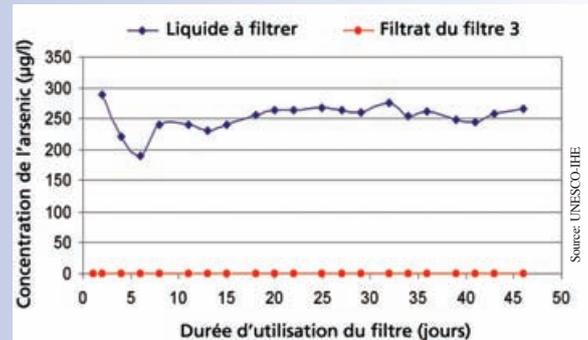
Installé depuis bientôt deux ans dans des foyers ruraux du Bangladesh, le filtre familial n'a rien perdu de son efficacité. Ci-dessus, la performance du filtre tout au long des 130 jours d'essais de 2004.

chacune bénéficient toujours de l'eau débarrassée de l'arsenic fournie par les filtres installés il y a bientôt deux ans. Ces familles habitent les villages bangladais de Dhunshi, Someshpur, Babanipur, Charpara et Tilok.

« Big Sister », un filtre anti-arsenic de dimension industrielle

Parallèlement au filtre familial, l'UNESCO-IHE a mis au point une technologie innovante d'élimination de l'arsenic qui s'applique à la production centralisée d'eau destinée à la boisson et à l'industrie. S'adressant aux compagnies de distribution d'eau, elle est actuellement testée par l'Institut de Mako (Hongrie) avec ses partenaires VITEN et SELOR. Les tests de Chalastra (en Grèce) sont achevés. Pendant des mois, les usines pilotes installées dans ces deux villes ont constamment produit de l'eau qui était débarrassée de l'arsenic, à partir d'eaux souterraines contenant jusqu'à 300 µg/l d'arsenic (voir diagramme). Cette technologie, qui met le prix de revient à égalité avec celui du traitement conventionnel de l'eau souterraine, présente en outre l'avantage d'en réduire l'impact sur l'environnement. Cette technologie devient encore plus attractive au plan économique du fait que l'UNESCO-IHE vient de mettre au point un procédé très simple et peu onéreux pour régénérer *in situ* l'adsorbant (le sable enrobé d'oxyde de fer).

À la différence du filtre familial, que l'UNESCO-IHE a décidé de ne pas breveter, la technologie d'élimination de l'arsenic actuellement mise au point à destination des compagnies d'approvisionnement en eau sera protégée par une patente européenne, attendue au moment de la mise sous presse du présent article. Ce sera probablement le premier brevet de l'Institut depuis sa création, il y a près d'un demi siècle.



L'efficacité du filtre anti-arsenic à l'échelle industrielle, 45 jours après sa mise à l'essai, en 2004, à Mako, en Hongrie. Le « liquide à filtrer » est une eau souterraine provenant d'un puits où la concentration de l'arsenic est extrêmement élevée.

Alors que les filtres familiaux ont dû fonctionner pendant les 12 mois de l'essai au double de la capacité pour laquelle ils avaient été prévus, il n'a été nécessaire ni de remplacer le produit adsorbant (le sable enrobé d'oxyde de fer), ni de faire des travaux d'entretien plus compliqués que d'ouvrir périodiquement la valve d'évacuation située à la base du filtre. En extrapolant, nous pouvons dire que le filtre familial peut, en moyenne, subvenir aux besoins d'une famille du Bangladesh rural en eau débarrassée de l'arsenic pour la boisson et la cuisine pendant une durée atteignant 24 mois, sans que l'on ait à remplacer l'adsorbant. Quant au sable couvert d'arsenic, les tests effectués par l'UNESCO-IHE ont montré qu'il filtrera d'une façon conforme aux directives de l'UE. Le sable couvert d'arsenic peut donc servir en toute sécurité à l'enfouissement de déchets, à la construction ou à d'autres usages.

En plus de sa capacité à éliminer l'arsenic, le filtre familial a fait preuve de sa capacité à éliminer le fer, même là où sa concentration dans l'eau atteignait les 30 mg/l.

La prochaine étape

Dans la seconde phase du projet, qui débutera en 2006, des familles d'un village sélectionné du Bangladesh recevront près de 1 000 filtres.

Il est à espérer que l'un des « sous-produits » du filtre familial sera de procurer au village une source de revenu et, à terme, un développement économique grâce à la fabrication sur place de tous les éléments du filtre familial.

Comme il n'existe pas encore au Bangladesh d'usine de traitement des eaux à grande échelle, le sable enrobé d'oxyde de fer est actuellement importé d'Europe. L'UNESCO-IHE a entamé des négociations préliminaires avec le gouvernement du Bangladesh et des partenaires donateurs pour la construction, dans un avenir proche, d'usines de traitement des eaux souterraines du pays. Une fois ces usines construites, le sable enrobé d'oxyde de fer sera disponible sur place.

L'UNESCO-IHE met au point, également, un procédé simple et peu onéreux de production de matériel filtrant enrobé d'oxyde de fer. L'un de nos filtres familiaux du Bangladesh rural utilise ce matériau avec des résultats prometteurs. À supposer que nous attirions un financement suffisant pour poursuivre nos recherches dans cette voie, il serait possible de produire localement cet adsorbant efficace et peu coûteux de l'arsenic, ce qui offrirait à des entrepreneurs locaux des sources potentielles de revenus en assurant régulièrement l'entretien de l'adsorbant usé.

C'est la Christian Service Society, avec laquelle nous travaillons, qui a produit dans ses ateliers de la ville de Kulna les 12 filtres familiaux qui sont à l'essai, sur une base non commerciale. Cet atelier fabrique normalement des meubles, si bien que nous étions sceptiques sur la capacité des menuisiers à fabriquer les filtres en si peu de temps. Mais ils y ont réussi, et en ont produit les 12 en un mois. Nous aimerions qu'ils fabriquent ceux de la deuxième phase du projet, en 2006, mais il faudrait, pour couvrir les dépenses, que nous puissions gagner l'appui des donateurs.

L'UNESCO-IHE n'a pas déposé de brevet pour le filtre familial. Volontairement. Nous espérons en effet que, n'étant pas sous brevet, cette technologie pourra se répandre sans restriction dans l'ensemble du monde en développement.

Branislav Petrushevski¹⁷

Pour en savoir plus : c.gonzalez@unesco-ihe.org ;
www.unesco.ihe.org

17. Membre de l'équipe de recherche IHE-UNESCO qui travaille sur l'élimination de l'arsenic, avec ses collègues P. Kelderman, F. Kruijs, J. Schippers, S. Sharma, Y. Slokhar and F. Wiegman

Organes directeurs

La science se serre la ceinture

Le 21 octobre, la Conférence générale a adopté le programme et budget de l'UNESCO pour 2006-2007. La somme de 56 millions de dollars allouée au programme des Sciences naturelles de l'UNESCO (comprenant les dépenses de personnel) accuse une diminution de 2 millions par rapport à l'exercice biennal précédent, sur un budget total - à croissance zéro - de 610 millions. Les États membres maintiennent « L'eau douce et les écosystèmes associés » au rang de thème prioritaire pour les Sciences naturelles, et font passer en 2006-2007 sa part dans ce budget de 45 à 50 % (24 % en 2002).

Deux nouvelles Années

Les 191 États membres de l'UNESCO ont chaleureusement accueilli la proposition des Nations unies de proclamer une Année internationale de la planète Terre en 2008, afin de montrer comment les sciences de la terre contribuent au développement durable, ainsi que celle d'une Année internationale de l'astronomie, en 2009.

Cinq nouveaux Centres

La Conférence générale a approuvé la création de cinq centres placés sous l'égide de l'UNESCO : (1) le Centre régional de formation et d'enseignement de la biotechnologie en Inde ; (2) le Centre international sur la pollution de l'eau et la gestion de ce risque (ICHARM) à Tsukuba, au Japon ; (3) le centre PHI-HELP sur la législation, la politique et la science de l'eau à l'Université de Dundee, au Royaume-Uni ; (4) le Centre régional de l'eau pour les zones arides et semi-arides de l'Amérique latine et des Caraïbes (CAZALAC) à La Serena, au Chili ; (5) le Centre régional européen d'écohydrologie à Lodz, en Pologne.

Le sort de trois autres centres sera fixé en avril, la Conférence générale ayant délégué ses pouvoirs aux 58 membres du Conseil exécutif de l'UNESCO pour autoriser la création d'un Centre régional de gestion des eaux urbaines en Colombie et un Centre international des sciences biologiques (CICB) au Venezuela, ainsi que pour conférer le statut d'institut régional à l'*Instituto de matematica pura e aplicada* (IMPA) du Brésil.

Les ministres de la science se prononcent

Les ministres en charge de la science dans 50 pays ont publié le 14 octobre un communiqué soulignant que les pays se doivent de renforcer leurs capacités en sciences fondamentales « en tant que plate-forme pour un développement axé sur le savoir ». Le communiqué marquait la fin d'une table ronde de deux jours réunie à l'UNESCO, à Paris durant la Conférence générale, sur le thème Les sciences fondamentales, levier scientifique pour le développement.

Les ministres insistent sur l'idée que traiter la pauvreté, la dégradation de l'environnement, le changement climatique, les maladies actuelles et émergentes, les catastrophes naturelles, les besoins énergétiques etc. exige des connaissances nouvelles générées par les sciences fondamentales. « L'investissement dans les domaines de recherche des sciences fondamentales devrait refléter les priorités nationales et régionales » déclarent-ils, avant d'ajouter que les centres régionaux, les réseaux d'excellence et les partenariats public-privé ont tous un rôle essentiel à jouer. Les ministres s'inquiètent de l'exode des cerveaux et réitérent la nécessité de parvenir à la parité entre les sexes.

Ils lancent un appel à l'UNESCO pour qu'elle accorde plus de place à la promotion des sciences fondamentales dans l'enseignement scientifique, notamment par le biais du Programme international des sciences fondamentales, lancé en 2004. Ils demandent également à l'UNESCO de renforcer les Chaires et les centres d'excellence et d'apporter son soutien à la mise en œuvre de politiques de science et de technologie dans les pays en développement. Cet effort doit s'accompagner, précisent-ils, de l'encouragement à un accès équitable des scientifiques et des chercheurs à l'information et à la documentation scientifiques, notamment dans les pays en développement, ainsi qu'au renforcement de la dimension éthique de la pratique scientifique.

Pour lire le communiqué : www.unesco.org/science/bes

Agenda

10-12 janvier

Système d'alerte aux tsunamis pour les

Caraïbes – Lancement du système d'alerte aux tsunamis et autres dangers du littoral, intéressant 30 pays des Caraïbes, d'Amérique centrale et les Etats-Unis. UNESCO-COI, OMM, UN-ISDR, PNUE, Caricom, OEA etc. : <http://ioc3.unesco.org/cartws/>

15 janvier

Date limite pour « Eau et cinéma »

(voir 17 mars) – 1ère rencontre internationale. Les réalisateurs sont invités à soumettre longs métrages, documentaires (max 52 min.), films de sensibilisation (max 30 min.) et spots (max 2 min.) : salvador.aguirre@worldwaterforum4.org.mx; www.worldwaterforum4.org.mx/

23-28 janvier

Faire avancer l'agenda de l'océan mondial

3ème Conférence mondiale sur les océans, les côtes et les îles, dont l'un des thèmes est la mise en œuvre de la Stratégie de Maurice depuis janvier 2005. Coparrainé par : UNESCO-COI, PNUE, NOAA etc. UNESCO, Paris : www.globaloceans.org; <http://ioc.unesco.org>

26 janvier – 1 février

Gestion durable des terres arides marginales

4ème atelier international, organisé par le Conseil pakistanais de la recherche sur les ressources en eau, afin d'examiner la mise en œuvre de ce projet de l'UNESCO en 2005 et les plans de travail pour 2006, ainsi que de former à l'analyse des

données. Islamabad, Pakistan :

www.unesco.org/mab/capacity/sumamad/home.htm

22- 24 février

Ingénierie et technologie pour réduire

la pauvreté – Forum international axé sur les pays CDAA à l'intention des décideurs (secteurs public et privé). Co-organisé par l'UNESCO, la *South African Institution of Civil Engineering*, le ministère de S&T du Mozambique. Pretoria (Afrique du Sud) : t.marjoram@unesco.org

27 février – 1er mars

Préservation et développement durable du delta du Danube

Conférence internationale organisée par le gouvernement d'Ukraine avec Moldavie et Roumanie. Patronage : UNESCO, ICPDR, Convention de Ramsar sur les terres humides, Conseil de l'Europe. Odessa (Ukraine) : j.robertson@unesco.org

4-8 Mars

Mobilité des ingénieurs

Congrès mondial de la WFEO sur l'enseignement de l'ingénierie. Coparrainé par l'UNESCO. Budapest (Hongrie) :

8 Mars

Prix L'Oréal-UNESCO pour les femmes et

la science – La cérémonie de remise des prix à l'UNESCO, Paris, marque la Journée mondiale des femmes. Dossier de presse : r.clair@unesco.org; www.forwomeninscience.org

14-15 mars

Séquestration et conservation du biocarbone pour combattre le changement

climatique – Forum intern. UNESCO-Pro-Natura pour promouvoir le développement rural, des solutions énergétiques et la biodiversité. UNESCO Paris: p.dogse@unesco.org

16-17 mars

Patrimoine mondial et changement

climatique – Conférence d'évaluation de l'impact du changement climatique sur les sites. UNESCO, Paris : <http://whc.unesco.org>

16-22 mars

4ème Forum mondial de l'eau

Séances organisées par le PHI de l'UNESCO sur : résolution des conflits, eaux urbaines, aquifères transfrontaliers, etc. Mexico City : www.worldwaterforum4.org.mx

17-21 mars

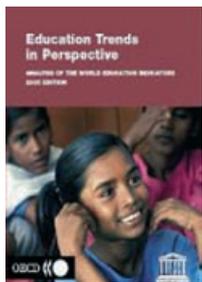
Festival L'eau et le film Manifestation en marge du Forum mondial de l'eau (voir ci-dessus)

22 mars

L'eau : une responsabilité à partager

Le lancement du 2ème Rapport mondial pour la mise en valeur des ressources en eau, par le Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau, dont le siège est à l'UNESCO, marque la Journée mondiale de l'eau. Mexico : www.unesco.org/water/wwap/index.shtml

Vient de paraître



Education Trends in Perspective

Analysis of the World Education Indicators (voir p.12)

Institut de statistiques de l'UNESCO et OCDE, Montréal, Canada.

ISBN 92-9189-024-3, 25,00 €.

En anglais seulement.

Quatrième rapport d'une collection qui analyse les indicateurs des principales caractéristiques des politiques éducatives, ce volume traite des tendances

observées entre 1995 et 2003 et signale les pays qui ont progressé, et dans quelles circonstances. L'une de ses principales conclusions est que l'enseignement supérieur a fait, en huit ans, un bond dans 19 pays à revenus moyens, qui regroupent plus de la moitié de la population mondiale. Pour le télécharger : www.uis.unesco.org/TEMPLATE/pdf/WEI2005.pdf

UNESCO's response to HIV and AIDS

Brochure de 42 pages, en anglais seulement.

Illustre les activités de l'UNESCO pour tenter de prévenir la propagation de l'épidémie de sida, axées sur l'éducation des jeunes, des enseignants et des professionnels des médias. L'UNESCO soutient également la recherche, comme dans le cadre de son projet Afrique Famille d'abord, afin de mettre au point un vaccin pédiatrique bloquant la transmission du VIH/sida de la mère au bébé par l'allaitement (voir *Planète Science* 2(2), avril 2004). Pour le télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001414/14147e.pdf>

Pour les jeunes

Introduction to Sandwatch

Par Gillian Cambers et Fathimath Ghina. Coastal regions and small island papers 19. Existe en anglais seulement, 91 p.

Pour écoles de nations insulaires. À travers une série d'activités dirigées par leurs enseignants, les élèves apprennent à observer et à consigner les aléas de leur environnement côtier, comme l'érosion ou l'accrétion, les déchets répandus sur la plage, la qualité de l'eau et les risques encourus par la végétation ou les animaux. Sandwatch a débuté lors d'un atelier d'éducation relative à l'environnement qui s'est tenu à Trinité et Tobago en 1998. Activité purement caribéenne au début, Sandwatch a été étendue à des îles des océans Indien et Pacifique. Le cahier est diffusé par l'intermédiaire des Écoles associées de l'UNESCO. Pour en demander un exemplaire dans la limite des stocks disponibles : apia@unesco.org; dar-es-salaam@unesco.org; kingston@unesco.org; ou télécharger : www.unesco.org/csi/pub/papers3/sande.htm

Explique-moi le climat

Par Guy Jacques. Éditions UNESCO/Éditions Nouvelle Arche de Noé. ISBN: 92-3-203990-7, 48 p, 6,00 €. Existe en français, anglais et espagnol.

Met à la portée des jeunes lecteurs les connaissances scientifiques nécessaires pour comprendre le climat, ses mécanismes, ses manifestations. Des effets de la latitude à ceux de la continentalité ou de l'altitude, des outils du météorologue au Protocole de Kyoto (voir p. 9), de l'histoire des climats à la géographie des grands domaines climatiques, tous les thèmes abordés témoignent du même souci d'instruire sans jamais ennuyer. Les exemples donnent sens, les schémas ont une véritable valeur explicative, les encadrés éveillent la curiosité et fixent les idées, les photographies illustrent parfaitement le propos.

