



Mission vers Mars, p. 2

# Planète

# SCIENCE

Bulletin trimestriel  
d'information sur les  
sciences exactes et naturelles

Vol. 7, No. 3  
Juillet-septembre 2009

## SOMMAIRE

### PLEINS FEUX SUR ...

2 Mission vers Mars

### ACTUALITÉS

- 11 Risque de catastrophe en hausse, selon l'ONU
- 11 22 nouvelles réserves de biosphère
- 13 Le Cap Vert rejoint le réseau du Campus virtuel
- 13 Une bibliothèque numérique mondiale
- 14 Parution de l'*Atlas mondial des grands singes*

### INTERVIEW

15 Claudio Tuniz retrace la migration humaine depuis l'Afrique

### HORIZONS

- 18 Apprendre à vivre avec la sécheresse en Europe
- 21 Une pincée de sel

### EN BREF

- 24 Agenda
- 24 Vient de paraître

## ÉDITORIAL

### Nous avons marché sur la Lune

**Le** 20 juillet, il y a 40 ans, des hommes marchaient sur la Lune. Pour incroyable qu'il soit, cet exploit risque d'être surpassé au cours du siècle : la Nasa commence à planifier l'établissement d'une station internationale sur Mars d'ici une trentaine d'années. Nos enfants pourraient non seulement voir des images de personnes marchant sur Mars, mais même, pour certains, devenir membres de leur équipe ! C'est donc à l'intention de nos jeunes lecteurs que nous avons imaginé le scénario de *Mission vers Mars* dans ce numéro.

Quarante ans après la marche sur la Lune, nous célébrons cette année une autre date des conquêtes de l'humanité. Le 24 novembre 1859, Charles Darwin publiait *De l'origine des espèces*. Il y présentait la théorie selon laquelle les espèces évoluent au fil des générations, grâce à une sélection naturelle qui favorise dans un organisme les caractères héréditaires susceptibles d'améliorer ses chances de vivre assez longtemps pour se reproduire. Depuis 150 ans, la paléontologie, la biologie de l'évolution, la génétique microbienne, la génétique moléculaire, l'embryologie, l'anatomie et d'autres sciences ont accumulé des découvertes corroborant la théorie de l'évolution.

De nouvelles preuves en sont même parvenues d'un secteur inattendu : la physique nucléaire. Claudio Tuniz, du Centre international Abdus Salam de physique théorique de l'UNESCO, explique dans ces pages comment les nouveaux chronomètres et microscopes rayons X perfectionnés grâce aux recherches en physique fondamentale aident à remonter la piste de l'évolution de l'homme et de sa dispersion au cours des deux derniers millions d'années. Le P<sup>r</sup> Tuniz a participé à Venise (Italie), du 27 avril au 14 mai, à une série de colloques et d'expositions sur des questions fondamentales de l'évolution. Ces manifestations étaient organisées à l'Institut vénitien des sciences, des lettres et des arts par l'UNESCO et l'Union internationale des sciences biologiques, dans le cadre de la commémoration du 200<sup>ème</sup> anniversaire de la naissance de Darwin.

On a pu dire que *De l'origine des espèces* fut l'un des deux coups décisifs portés à l'idée que l'humanité se faisait d'elle-même, l'autre étant la théorie de Nicolas Copernic *Sur les révolutions des sphères célestes*, où il démontrait que le Soleil et non la Terre était au centre de notre Système solaire. La résistance des théologiens de l'époque fut si acharnée que Copernic attendit d'être sur son lit de mort pour la publier en 1543.

En posant le pied sur la Lune, Neil Armstrong a dit « C'est un petit pas pour l'homme mais un pas de géant pour l'humanité ». Copernic et Darwin auraient pu en dire autant en remettant leurs manuscrits aux éditeurs. Un petit pas de leur part, mais un pas de géant pour l'humanité. Grâce à eux, les écoliers du monde entier savent qui ils sont, d'où ils viennent et où ils vivent. « La réflexion scientifique est le patrimoine commun de l'humanité » disait le Prix Nobel Abdus Salam. Quelle que soit la nationalité des hommes et des femmes qui poseront un jour le pied sur Mars, ils auront une dette considérable envers les pionniers qui auront, un siècle plus tôt, foulé le sol lunaire.

W. Erdelen  
Sous-directeur général pour les sciences exactes et naturelles



Image : NASA/Pat Rawlings

Vison d'artiste d'une station humaine sur Mars. Les astronautes se trouvent dans le grand canyon de Valles Marineris. Dans le fond, on aperçoit le volcan Pavonis Mons

Molly veut savoir combien de temps il nous faudra pour atteindre Mars. Car il faut bien qu'elle sache quoi emporter. Je lui demande à quelle distance elle croit que nous sommes de Mars. Elle répond : « Nous avons appris à l'école que la Terre est à 150 millions de km du Soleil, et Mars en moyenne à 228 millions de km du Soleil. »

Je l'avertis que ce n'est pas aussi simple. « Cela ne signifie pas que la Terre et Mars soient à un moment donné à 78 millions de km l'une de l'autre. La Terre et Mars tournent autour du Soleil à des vitesses différentes et sur des orbites différentes. Celle de la Terre est plus proche d'un cercle que celle de Mars. La distance entre ces deux planètes varie donc beaucoup, entre 55 et 250 millions de km. Du fait qu'elles se déplacent l'une par rapport à l'autre, il faut faire en sorte que la trajectoire du vaisseau spatial coupe l'orbite de Mars. Cette rencontre, dite « fenêtre de tir », ne se produit que tous les 26 mois. Si bien que pour projeter un voyage vers Mars, ou encore en revenir, le moment doit être soigneusement calculé. Scientifiques et ingénieurs étudient la mécanique céleste, ou

Comme je demandais à la petite Molly, qui a neuf ans, pourquoi elle cherchait activement sur le Net des vêtements chauds, elle répondit simplement : « J'ai décidé que quand je serai grande, je deviendrai dresseuse d'animaux ou vétérinaire – sur Mars ». Molly appartient à la première génération d'humains pour qui cette éventualité n'est pas nécessairement de la science fiction. « J'aurai donc besoin de chaussures chaudes – très chaudes », précise-t-elle.

Molly vient d'apprendre que l'ancien astronaute de l'agence spatiale américaine (la Nasa), Don Thomas, avait fait son premier vol dans l'espace à 39 ans. Si des êtres humains partent pour Mars dans les 30 années à venir, comme la Nasa l'a laissé entendre, Molly aura exactement cet âge. De nos jours, tous les enfants du monde peuvent donc raisonnablement inscrire Mars sur la liste de leurs affectations professionnelles éventuelles. Les agences spatiales de plusieurs pays s'associent déjà pour prévoir des missions scientifiques vers la Lune, Mars et au-delà. Avant de la laisser mettre Mars sur sa liste des 10 lieux où vivre et travailler, j'explique toutefois à Molly que nous devrions prendre le temps d'en apprendre un peu plus sur la Planète rouge. En fin de compte, peut-être nous faudra-t-il plus que des chaussures bien chaudes.

mécanique orbitale, afin de décider du moment du lancement. Si ton frère ou ta sœur désire devenir ce genre de mécanicien, Molly, ils auront intérêt à être bien attentifs en cours de maths en classe !

### Voyager vers Mars

Le vol vers Mars pourrait prendre de six à neuf mois selon la configuration orbitale et le budget de combustible de la mission. Le coût de l'expédition serait « astronomique » pour ainsi dire, de sorte que les agences spatiales collaborant à une telle mission s'efforceraient de réduire la vitesse pour économiser le combustible, et d'attendre une fenêtre favorable de tir pour l'aller et le retour. Neuf mois, c'est long pour un voyage dans l'espace ! Il n'a fallu que trois jours pour aller sur la Lune.



©Susan Hoban

Molly admire sa maquette du véhicule martien non pressurisé qu'elle a construit un samedi matin

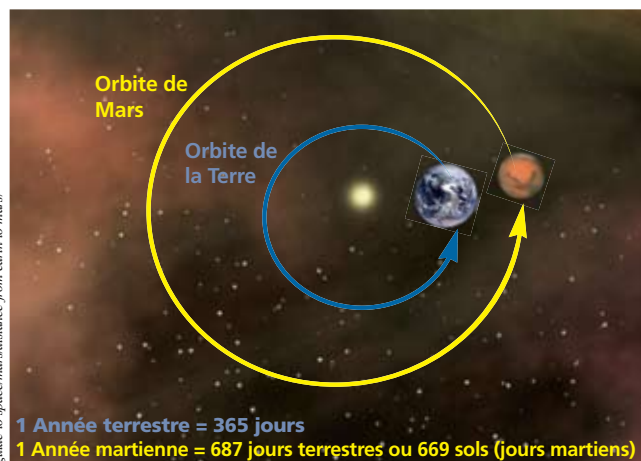


Image adaptée de : [www.universetoday.com/guide-to-space/mars/distance-from-earth-to-mars/](http://www.universetoday.com/guide-to-space/mars/distance-from-earth-to-mars/)

En fait, certaines personnes ont déjà passé bien plus de neuf mois dans l'espace : le record de durée est détenu par Valéri Polyakov, qui a travaillé sur la station russe Mir pendant 437 jours. Comme les cosmonautes de Mir, l'équipage voyageant vers Mars vivrait en apesanteur. Dans un monde sans gravité, chaque activité quotidienne deviendrait une aventure. Que signifie être la tête en bas lorsqu'il n'y a pas de gravité pour indiquer le bas ?

Les deux planètes sont proches mais, comme elles tournent autour du Soleil à des vitesses différentes, leurs orbites les éloignent le plus souvent. L'orbite d'une planète autour du Soleil forme une ellipse. Son excentricité mesure le degré d'aplatissement par rapport au cercle. Le cercle est donc une ellipse dont l'excentricité égale zéro



Le corps humain ne s'est pas développé dans un milieu en apesanteur. Des études ont montré qu'à rester longtemps hors de la gravité, les muscles et les os peuvent s'amenuiser : dans l'espace, un être humain perd de 1 à 2 % de sa masse osseuse par mois. La réduction de la gravité facilite les mouvements, mais les muscles et les os ont besoin de travailler pour conserver leur vigueur. Donc, pendant le long vol vers Mars, l'équipage entretiendrait sa forme en faisant de la gymnastique, régulièrement et souvent. Ajoutons un(e) *moniteur(rice) d'éducation physique* à la mission sur Mars.

L'apesanteur n'a pas que des inconvénients, tout de même. Imaginez que vous renversiez un verre de lait dans un milieu dépourvu de gravité. Cela ferait-il des dégâts ? Mais non ! Le lait formerait des gouttes suspendues en l'air ! En fait, vous ne verseriez déjà jamais une boisson dans un récipient découvert. Sans la gravité qui ferait « descendre » le liquide, il n'aurait aucune raison de rester dans le verre. A bord de la navette spatiale, les boissons sont généralement stockées déshydratées pour être réhydratées dans une poche, selon les besoins. La Nasa possède au Johnson Space Center un Laboratoire des systèmes alimentaires de l'espace où elle effectue des recherches sur l'ingénierie et le conditionnement de ces aliments. Ajoutons un(e) *diététicien(ne)* à l'équipage préparant le voyage vers Mars.

Les membres de l'équipe devraient non seulement apprendre à manger et à faire de la gymnastique pour entretenir leur corps dans un milieu de faible gravité, ils devraient également pendant le vol se préparer en continu à la vie sur Mars. Le monde de Mars sera nouveau et passionnant, très différent de celui de la Terre. Voyons à quoi ressemblent les conditions physiques de Mars, afin d'avoir une idée de ce qui attendrait Molly et ses amis qui s'y rendraient.

*L'équipière Ellen Baker fait du vélo d'intérieur dans la navette Columbia. Il est nécessaire de faire travailler ses muscles pendant le vol afin de les garder en forme, puisqu'ils font moins d'efforts dans une gravité diminuée*

*Des membres de l'équipage partagent un repas à bord de la navette spatiale Columbia. Dans l'espace, le plafond de l'un est le plancher d'un autre !*

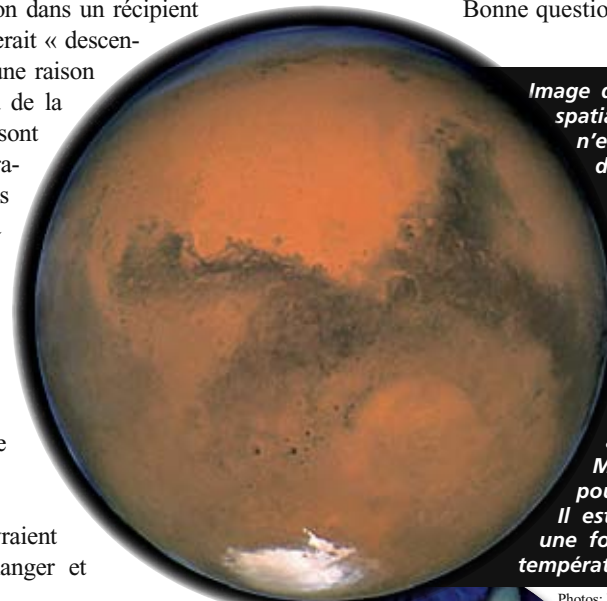


## Trouver de l'eau sur Mars

Quand je demande à Molly ce qu'elle sait de Mars, elle commence par dire « Eh bien, elle est rouge ». Tout juste, Molly, on l'appelle même souvent la Planète rouge. Lorsque je lui demande pourquoi, elle n'est plus aussi sûre d'elle. En fait, la couleur rouge vient de la rouille. Ce sont les oxydes de fer du sol qui lui donnent cette teinte. C'est l'une des premières choses que vous remarqueriez en approchant de Mars.

À l'atterrissage, vous constateriez rapidement qu'il n'y a pas d'eau liquide. Il fait trop froid. Nous savons depuis longtemps que les calottes polaires contiennent de l'eau glacée et du dioxyde de carbone gelé (glace sèche). « Il n'y a donc pas d'eau sur Mars ? Comment boire et se laver ? », demande Molly.

Bonne question.



*Image de Mars prise le 26 août 2003 par le télescope spatial Hubble. Dans l'espace, la visée d'un télescope n'est pas brouillée par les lumières urbaines. L'image de Hubble est donc bien plus nette et mieux colorée que celle que l'on pourrait voir à partir de la Terre. Les calottes polaires de Mars présentées ici sont constituées d'un mélange de glace d'eau et de dioxyde de carbone solide. Près du pôle sud, cette glace se trouve à peine à 1 m sous la surface. Ces calottes s'épaississent et s'amenuisent au gré des saisons, qui durent deux fois plus longtemps que sur Terre, en raison de leur plus grand éloignement du Soleil. Il arrive que les réserves d'eaux souterraines affleurent à la surface sous forme de sources, mais Mars est trop froide et son atmosphère trop fine pour garder longtemps de l'eau liquide à sa surface. Il est improbable que cette glace puisse entretenir une forme de vie nécessitant de l'eau liquide, car la température est trop basse : -128° C les nuits d'hiver*

Photos: NASA

L'an dernier, le vaisseau spatial Phoenix s'est posé à la surface de Mars afin d'étudier la glace près du pôle nord et rechercher des molécules organiques dans le sol. La mission a trouvé dans le sol une quantité substantielle de glace d'eau sous forme de gelée. Il y a donc de l'eau sur Mars, mais elle est glacée. Imaginer comment l'utiliser pour entretenir une présence humaine, voilà un projet stimulant pour les ingénieurs de l'espace. Ajoutons un(e) *hydrogéologue* à la liste des emplois sur Mars.

En attendant, les scientifiques ont mis au point des moyens de recycler les eaux usées, technique qui pourrait s'avérer très utile pour une mission sur Mars. En novembre 2008, le Water Recovery System inventé par MichiganTech, aux États-Unis, a été expédié dans la station spatiale internationale qui tourne en orbite à 350 km au-dessus de la Terre. Depuis longtemps, les astronautes de la station recyclent chaque



Photo: Wikipédia Commons

*Lors d'une expérience sur la faisabilité d'établir un jour une colonie sur la Lune ou sur Mars, huit volontaires ont été enfermés, de 1991 à 1993, dans un complexe étanche dénommé Biosphère 2. Erigé aux États-Unis, il comprenait divers écosystèmes, comme un désert, une savane, un océan et une forêt. Bien qu'il fallût y insuffler périodiquement de l'oxygène, et que les cultures aient déperé, cette expérience de deux années nous a beaucoup appris sur la façon de concevoir des colonies dans l'espace*

goutte d'eau : celle qui s'évapore de la douche, qui a servi à se brosser les dents, à se laver les mains et à se raser, même leur propre transpiration !

Le nouveau Water Recovery System va plus loin : il recycle l'urine en eau potable ! L'urine est distillée avant de rejoindre dans un appareil de traitement les autres fluides récupérés. Il retient les solides, comme les poils et cheveux, puis l'eau usée traverse lentement une série de lits filtrants qui éliminent les contaminants tels que les microbes. Enfin, un réacteur décompose en dioxyde de carbone, en eau et en quelques ions les contaminants qui subsisteraient.

*Dessin d'un véhicule d'exploration comme Spirit ou Opportunity, qui sillonnent Mars depuis 2004*



Photo: NASA

Gelée bleutée sur le sol martien, photographiée l'année dernière dans l'Arctique nord par l'atterrisseur Phoenix

## Emménager sur Mars

Nous savons depuis longtemps qu'il fait plus froid sur Mars que sur la Terre. « Nous n'avions pas besoin d'envoyer un vaisseau spatial sur Mars pour le deviner » se moque Molly, « puisque Mars est plus éloignée du Soleil ». D'accord, mais combien plus froide ? Les estimations de la température sont assez variables mais il est certain que les extrêmes du froid de Mars dépassent tout ce qui est connu sur Terre : la température tombe à  $-128^{\circ}\text{C}$  pendant les nuits d'hiver.

Pour que des êtres humains puissent survivre un temps assez long dans un environnement aussi froid, il sera indispensable d'améliorer la technologie des combinaisons spatiales ainsi que le chauffage et l'isolation du logement des équipages sur Mars. Voilà beaucoup de travail pour des ingénieurs et des architectes imaginatifs : ajoutons-les donc à la liste des emplois essentiels pour la mission vers Mars !

## Combinaison spatiale pour Mars

La combinaison spatiale constitue, en elle-même, un habitat complexe. Elle doit moduler la pression et la température tout en produisant de l'air respirable. Une combinaison spatiale doit protéger la personne des rayons dangereux et des micrométéorites, tout en restant assez souple pour ne pas trop gêner les mouvements.

Les combinaisons que les astronautes ont portées sur la Lune ne seront pas adaptées aux conditions de Mars, dont la gravité est supérieure à celle de la Lune. Il faudra donc travailler à les rendre suffisamment légères pour qu'elles ne fatiguent pas l'astronaute, mais assez solides pour résister à l'usure dans un milieu très poussiéreux.

Voir également : [www.astronautix.com/craftfam/spasuits.htm](http://www.astronautix.com/craftfam/spasuits.htm)

Réplique d'une combinaison spatiale de la Nasa



©Susan Hoban

Image : NASA



Le flanc sud d'Olympus Mons, photographié un matin de l'hiver martien de 1998 par le Mars Global Surveyor. Ce mont est constitué de basalte, une roche ignée. C'est un volcan bouclier, c'est-à-dire qu'il se présente comme un dôme aplati formé par des coulées d'une lave très fluide



Photo: NASA

## Explorer Mars

Ainsi, une fois la base de séjour aménagée, le moment sera venu d'explorer la Planète rouge. Pour nous déplacer, il nous faudra des véhicules d'exploration comme celui qui est testé actuellement dans le désert de l'Arizona (voir photo).

En tant qu'attraction touristique, Mars est bien dotée. Elle possède par exemple le plus grand canyon du Système solaire mais aussi la montagne la plus élevée du Système solaire, l'Olympus Mons, qui mesure environ 27 km de haut et 600 km à la base. L'Olympus Mons est un volcan bouclier tout comme le Mauna Loa d'Hawaï, le plus grand volcan terrestre. Ils ont tous deux des caldeiras et se sont construits par éruptions effusives de longues coulées de lave. Il semble que certains volcans de Mars aient donné lieu à des éruptions explosives. Elles auraient alors déposé des cendres sur le sol martien.

Le gigantisme de l'Olympus Mons provient peut-être de l'absence de plaques tectoniques sur Mars. Par rapport à la croûte immobile, le point chaud n'aurait pas dérivé, et le volcan aurait continué à libérer de la lave par éruptions effusives jusqu'à atteindre sa taille actuelle. Les volcans de Mars seraient aujourd'hui éteints mais, s'ils avaient été autrefois actifs pour une très longue période, ils auraient libéré d'importantes masses de gaz qui auraient réchauffé et densifié l'atmosphère de cette planète.

Les êtres humains ont évidemment besoin de nourriture, et sur Mars elle ne poussera pas à l'extérieur : il nous faudra donc créer et entretenir sur Mars une biosphère artificielle qui en produira. Ceci dit, il semble que le sol martien contienne certains minéraux solubles que les végétaux pourraient utiliser. Les scientifiques sont arrivés à cette conclusion après avoir analysé l'échantillon de sol martien recueilli, l'an dernier, par le vaisseau spatial Phoenix. Un scientifique a même suggéré que les asperges pourraient pousser dans les conditions d'alcalinité (le pH) du sol de Mars. Ajoutons *ingénieur agronome* à la liste des carrières pour Mars. C'est là que le *vétérinaire* pourrait aussi trouver sa place, car les humains pourraient désirer avoir des animaux de compagnie, ou de la viande.



Image: USGS

Le Valles Marineris, le plus grand canyon du Système solaire, est un ensemble de canyons situés juste au sud de l'équateur martien. Sa profondeur atteint par endroits 10 km. Il se pourrait qu'à une époque de l'eau ait circulé dans cet ensemble de canyons qui mesure environ 4 000 km de long



Image: NASA

Ingénieurs, géologues et astronautes testent ici un véhicule d'exploration (rover) en mars 2008, dans le désert de l'Arizona, aux États-Unis, dont la morphologie est assez semblable à celle de la Lune et de Mars. L'engin est pressurisé et permettrait aux astronautes d'y vivre pendant plusieurs jours, en leur donnant une chance de pousser leurs explorations plus loin qu'avec un véhicule non pressurisé



Image: NASA

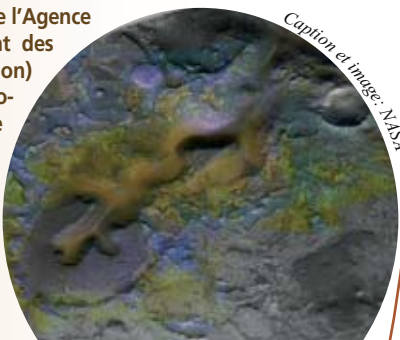
Fractures tectoniques dans le Valles Marineris, sur Mars. Alors que sur Terre, la tectonique fait coulisser les plaques, sur Mars elle semble avoir un effet vertical : poussant vers le haut, la lave chaude traverse la croûte pour se répandre en surface. Sur la roche érodée, les sillons suggèrent un ancien écoulement de liquide. L'image représente un secteur d'environ 1 km de large

## À la recherche des Martiens

L'idée d'une vie sur Mars travaille depuis longtemps les Terriens. Les sondes Viking 1 et 2 de la Nasa se sont rendues sur Mars en 1976 pour en étudier la surface et y rechercher des traces de vie. Ces missions ont établi que le sol se composait d'argile ferrugineuse, mais leurs expériences biologiques n'ont décelé aucune preuve de vie. Les scientifiques recherchent la présence d'eau sur Mars, car l'on estime que la vie sur Terre a commencé dans les océans.

Le couple formé par la température et la pression superficielle de Mars ne permet pas la présence d'eau liquide en surface. Ces derniers temps, des scientifiques ont pu mesurer le méthane (CH<sub>4</sub>) de l'atmosphère de cette planète. C'est ce que l'on appelle « une molécule organique », où le terme organique renvoie à la chimie des molécules de la chaîne du carbone. Le carbone est présent dans tout ce qui vit. Le méthane est la plus simple des molécules organiques car la chaîne du carbone n'a ici qu'une seule liaison (et quatre atomes d'hydrogène). Les récentes découvertes de méthane sur Mars sont importantes pour les scientifiques qui étudient l'atmosphère de Mars, sans toutefois signifier que l'on ait trouvé des signes de vie. Le méthane pourrait aussi bien dénoter une activité géologique souterraine.

Le Laboratoire des sciences martiennes de la Nasa et les missions ExoMars de l'Agence spatiale européenne utiliseront des rovers (véhicules d'exploration) pour étudier la géologie, l'atmosphère, l'environnement et, une fois de plus, chercher des signes de vie sur Mars, lorsqu'ils y seront déposés – en 2014 et 2016 respectivement aux dernières nouvelles. Il semble qu'on aura besoin d'un/une *exobiologiste* pour la mission vers Mars.



Caption et image: NASA

En décembre dernier, la Nasa annonçait que son Mars Reconnaissance Orbiter avait découvert à la surface de Mars les minéraux carbonatés longtemps recherchés, indiquant que Mars avait eu une eau dont la qualité variait entre alcaline et neutre, à l'époque où les minéraux carbonatés s'y étaient formés, il y a 3,6 milliards d'années. Les carbonates (artificiellement colorés en vert dans cette image représentant environ 20 km de terrain), qui comprennent sur Terre la chaux et la craie, se dissolvent rapidement dans l'acide. Leur survie sur Mars jusqu'à aujourd'hui ne permet pas de croire qu'un environnement exclusivement acide ait ensuite régné sur cette planète. Cela indique, au contraire, qu'il y a eu différents types de milieux aqueux. Plus ils étaient variés, plus grandes sont les chances que l'un ou plusieurs d'entre eux aient entretenu une forme de vie



Il est même possible que Mars ait été suffisamment chaude pour que de l'eau y ait coulé, comme le suggèrent les images de ce qui ressemble à des fonds asséchés de lacs et de rivières.

### Dangers à éviter sur Mars

Quelles seront les conditions météorologiques ? Comme l'axe de rotation de Mars est incliné, elle possède des saisons comparables à celles de la Terre (voir page suivante, *Bulletin météo du Système solaire*). Il existe donc des

périodes plus douces, notamment autour de l'équateur. La température peut monter jusqu'à 20° C mais, même alors, nous n'irons pas nous promener au dehors en maillot de bain, pour plusieurs raisons. Les deux premières sont nos besoins d'air à respirer et de protection contre le dangereux rayonnement solaire !

L'âpreté des conditions du rayonnement est l'un des arguments qui militent contre l'existence actuelle d'une vie à la surface de Mars. Avant que des êtres humains puissent établir une présence d'une certaine durée sur Mars, les logements, les combinaisons spatiales et les systèmes de transport conçus pour Mars devront garantir la protection contre les rayons cosmiques.

La composition et la densité de l'atmosphère de Mars sont très différentes de celles de la Terre. Cette dernière se compose principalement d'azote que nous inspirons et expirons sans l'utiliser. C'est cet azote qui diffracte la lumière du Soleil et donne au ciel terrestre cet aspect bleu. Sur Mars, le ciel paraîtrait rose, car la lumière solaire est diffractée par les particules de poussière plus grosses que les molécules d'azote, qui ont tendance à diffuser plus de lumière rouge que de bleue – la lumière rouge a une longueur d'onde supérieure à celle de la bleue.

Molly s'exclame : « Nous avons appris à l'école que le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre qui contribue probablement au réchauffement de la planète. Si donc l'atmosphère de Mars se compose principalement de ce gaz, pourquoi n'y a-t-il pas de réchauffement global sur Mars ? »

Image prise par la mission Pathfinder 1997 de la Nasa sur Mars. Le paysage de cette région légèrement au nord de l'équateur est accidenté et rocheux. Les collines Twin Peaks apparaissent à l'horizon. L'année dernière, l'atterrisseur Phoenix de la Nasa a été déposé sur les plaines de l'Arctique nord de Mars, où le terrain est bien plus uni et moins rocailleux





Une aurore australe en Antarctique, sur la Terre. Ce magnifique spectacle se produit aux pôles lorsque le champ magnétique du vent solaire piégé entre en collision avec le bouclier invisible de la Terre, sa magnétosphère

### Comparons l'atmosphère sur Mars et sur Terre

	Terre	Mars
Température moyenne	15 °C	-55 °C
Pression à la surface	1013 mbar (= 1 atmosphère)	6.35 mbar
Composition de l'atmosphère	78.07% azote 21.0% oxygène 0.9% argon 0.03% dioxyde de carbone	95.49% dioxyde de carbone 2.7% azote 1.6% argon 0.13% oxygène 0.08% monoxyde de carbone
Densité atmosphérique* à la surface	1.22 kg/m <sup>3</sup>	0.015 kg/m <sup>3</sup>

\*La densité atmosphérique sur Mars est environ 80 fois plus basse que sur la Terre. La densité atmosphérique d'une planète n'est pas fixe : elle varie de façon inversement proportionnelle à l'altitude, la température et l'humidité. Ici, elle a été calculée d'après la température moyenne des deux planètes.

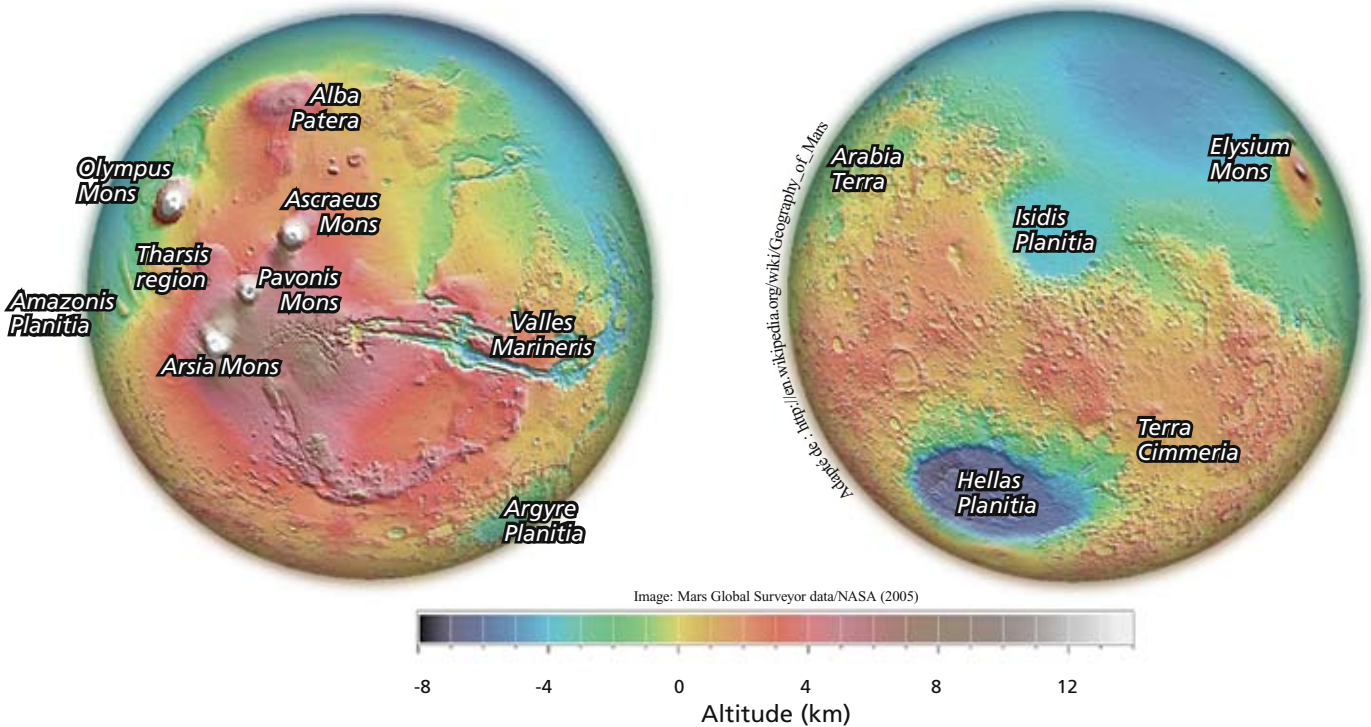
Source: [www.esa.int](http://www.esa.int)

Pour calculer la densité atmosphérique sur Mars, consultez (en anglais) :

[http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/Exercices/Preparing\\_%20a\\_%20mission\\_%20to\\_%20Mars.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/Exercices/Preparing_%20a_%20mission_%20to_%20Mars.pdf)

Ce n'est pas seulement la composition de l'atmosphère de Mars qui diffère de celle de la Terre. Du fait que Mars est une si petite planète – sa masse équivaut au 1/10<sup>ème</sup> de celle de la Terre – sa gravité est trop faible pour retenir une atmosphère très dense. Son dioxyde de carbone la réchauffe, mais de quelques degrés seulement. La teneur de l'atmosphère en dioxyde de carbone est même moindre lorsqu'une partie de celui-ci gèle et retombe en surface sous forme de neige de dioxyde de carbone. On ne peut donc pas compter sur l'effet de serre pour réchauffer beaucoup la surface de Mars.

Non seulement l'atmosphère de la Terre se comporte comme une couverture qui maintient la chaleur à la surface de la Terre, ce que l'atmosphère de Mars ne fait pas, mais l'atmosphère et le champ magnétique de la Terre forment un bouclier qui protège les humains des radiations nuisibles de l'espace. Il s'agit du vent solaire (particules solaires chargées), des ultra-violettes solaires – secteur du spectre électromagnétique qui est en grande partie absorbé par l'ozone de l'atmosphère terrestre mais provoque les coups de soleil – et des rayons cosmiques galactiques (particules de haute énergie provenant de l'extérieur du Système solaire).



Sur cette carte du relief de Mars, nous constatons que les plaines du nord ont été aplanies par des coulées de lave alors que le sud présente des montagnes creusées d'anciens impacts d'astéroïdes et de comètes. Le plus grand cratère de Mars est le bassin d'impact Hellas, mesurant 2 200 km de diamètre, appelé également Hellas Planitia – planitia(e) signifiant plaine. Comme on a d'abord cru que les plaines de Mars de teinte plus pâle étaient des continents séparés par des mers, on leur a donné des noms tels qu'Amazonia Planitia et Arabia Terra



## Bulletin météo du Système solaire

Pourquoi se rendre sur Mars alors que Vénus est plus proche ? Simplement parce que Vénus est une sorte de serre torride ! Mars est, de tout le Système solaire, la planète qui ressemble le plus à une sœur jumelle de la Terre. La température sur la Terre convient parfaitement aux humains parce qu'elle se trouve à une distance idéale du Soleil : plus proche, l'eau s'évaporerait, comme sur Vénus ; plus éloignée et il y ferait glacé, comme sur Mars.

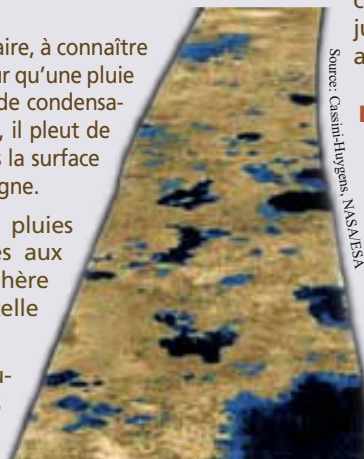
Sur toutes les planètes du Système solaire, le climat est conditionné par les mêmes facteurs : la distance moyenne par rapport au Soleil, l'inclinaison de l'axe de rotation – qui détermine les saisons –, la forme de l'orbite autour du Soleil, la présence ou l'absence d'une atmosphère mesurable et la longueur des jours. Allons faire un tour sur les autres planètes pour voir ce que nous réserve leur météo.

### La pluie

Notre planète n'est pas la seule, dans le Système solaire, à connaître la pluie. Il suffit que les conditions soient réunies pour qu'une pluie liquide se forme dans l'atmosphère, selon le point de condensation propre à chaque élément chimique. Sur Vénus, il pleut de l'acide sulfurique\*, mais cette pluie n'atteint jamais la surface de la planète, à cause de la chaleur intense qui y règne.

Sur Titan, l'une des lunes de Saturne, des pluies de méthane forment des lacs et des fleuves aux latitudes nord. Titan baigne dans une atmosphère riche en azote, qui ressemble peut-être à celle qu'avait la Terre il y a très longtemps.

Il pleut parfois aussi sur les planètes gazeuses géantes que sont Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune, dont l'atmosphère se compose essentiellement d'hydrogène et d'hélium. C'est la présence complémentaire de méthane sur Uranus et Neptune qui explique leur teinte bleutée. Les nuages de Jupiter se composent d'ammoniac, de sulfure d'hydrogène et d'eau. La vitesse de rotation de cette planète provoque des vents d'est de 480 km/h. Au plus profond de son atmosphère, la pression et la température augmentent, entraînant la liquéfaction de l'hydrogène. On pense que la Grande tache rouge de Jupiter pourrait être en réalité un ouragan qui fait rage depuis 400 ans !



Lacs alimentés en pluie de méthane sur Titan

la composition chimique des divers éléments qui constituent son atmosphère. Au fur et à mesure qu'on progresse vers l'intérieur, la température monte pour atteindre, au cœur de Jupiter, une température encore plus élevée que celle de la surface du Soleil !

Sur Saturne, presque deux fois plus éloignée du Soleil que Jupiter, la température oscille autour de  $-178^{\circ}\text{C}$ . Les anneaux de Saturne consistent essentiellement en glace d'eau.

Près du sommet des nuages, la température d'Uranus est de  $-216^{\circ}\text{C}$ . La majeure partie de cette planète baigne dans un élément liquide principalement constitué de matière glacée (eau, méthane et ammoniac). La planète connaît des saisons, qui durent plus de 20 ans, mais la température diffère peu sur ses faces hiver et été, en raison de la distance du Soleil.

Sur Triton, l'une des 13 lunes de Neptune, la température superficielle descend jusqu'à  $-235^{\circ}\text{C}$ . Le vaisseau spatial Voyager 2 y a cependant découvert des geysers crachant du matériel glacé jusqu'à 8 km de haut. Pour une raison inconnue, la fine atmosphère d'azote de Triton est en train de se réchauffer.

### Les boucliers invisibles

Le champ magnétique qui entoure les planètes agit comme un bouclier invisible, qui les protège des particules apportées par les vents solaires de forte intensité, en provenance du Soleil et d'ailleurs. Comme la Terre, Mercure possède un champ magnétique, sa magnétosphère. Mars et Vénus n'en ont pas. Jupiter, Neptune, Saturne et Uranus en ont toutes une. Même les comètes et certains satellites, comme Ganymède, une lune de Jupiter, ont leurs magnétosphères. Celles-ci agissent sur le temps qui règne sur la planète et sur la formation des éclairs.

Jupiter a le champ magnétique le plus puissant de notre Système solaire, près de 20 000 fois supérieur à celui de la Terre, devant Saturne (578 fois celui de la Terre), Uranus (48 fois) et Neptune (27 fois). Le champ magnétique de Jupiter provient d'un courant électrique généré par la vitesse de rotation de cette planète.

L'axe principal du champ magnétique de Neptune est incliné d'environ  $47^{\circ}$  par rapport à l'axe de rotation de cette planète, décalage qui expose son champ magnétique à des variations désordonnées durant chaque rotation. Les vents de Neptune sont les plus forts de tout le Système solaire : trois fois plus que ceux de Jupiter et neuf fois plus que ceux de la Terre.

### Les éclairs

Partout où existe une atmosphère, il peut se produire des éclairs, par suite de l'accumulation d'une charge électrostatique. On en observe dans l'ensemble du Système solaire. La sonde Venus Express de l'Agence spatiale européenne a révélé des éclairs visibles dans l'atmosphère des nuages d'acide sulfurique de cette planète, ainsi que des émissions sporadiques d'ondes radio. Les énormes tempêtes de poussière de Mars sont des sources potentielles d'éclairs.

Des éclairs ont été observés directement sur Jupiter, Saturne et Neptune, et des charges statiques ont été détectées par Voyager 2, lorsqu'elle a dépassé Uranus, il y a deux décennies. Même Titan aurait la capacité de produire des éclairs, bien qu'on n'en ait pas encore observé. Les éclairs pourraient nous fournir des indications intéressantes sur la formation de biomolécules, les précurseurs de la vie.

### Les températures

Sur Mercure, les écarts de température sont les plus forts de tout le Système solaire : elles peuvent atteindre  $430^{\circ}\text{C}$  en journée et  $-170^{\circ}\text{C}$  la nuit, car l'atmosphère est trop fine pour retenir la chaleur. Sa très lente rotation explique l'extrême logueur de la journée, bien suffisante pour réchauffer la surface. Comme l'inclinaison de son axe est nulle, il n'a pas de saisons.

Vénus est couverte de nuages épais tourbillonnant à grande vitesse, composés à 96 % de  $\text{CO}_2$ , qui piègent la chaleur superficielle, en créant un monde brûlant comme une serre, assez chaud ( $700^{\circ}\text{C}$ ) pour faire fondre le plomb, et une pression si intense que se tenir debout sur Vénus produirait la même impression que de se trouver à 900 m de profondeur dans un océan terrestre.

Jupiter a une température d'environ  $-148^{\circ}\text{C}$  au sommet des nuages. La température varie beaucoup cependant, à cause de

\* Dans la haute atmosphère de Vénus, le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ) est dissocié en monoxyde de carbone (CO) et oxygène atomique (O). L'oxygène atomique réagit avec le dioxyde de soufre ( $\text{SO}_2$ ) pour donner du trioxyde de soufre ( $\text{SO}_3$ ), qui se combine à son tour à de la vapeur d'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) pour former de l'acide sulfurique ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )



## CLÉ

Diamètre de la planète  
Longueur du jour de la planète  
Longueur de l'année de la planète  
Distance moyenne de la planète  
par rapport au Soleil

MERCURE  
4880 km  
1408 heures  
0.2 année terrestre  
58 millions de km

VENUS  
12 100 km  
-5832 heures  
(Vénus tourne en sens inverse)  
0.6 année terrestre  
108 millions de km

TERRE  
12 750 km  
24 heures  
365 jours  
150 millions de km  
(= 1 Unité Astronomique, ou UA)

MARS  
6780 km  
24.6 heures  
1.9 année terrestre  
228 millions de km (1.5 UA)

JUPITER  
138 850 km  
9.9 heures  
11.9 années terrestres  
778 millions de km

SATURNE  
114 630 km  
10.6 heures  
29.4 années terrestres  
1427 millions de km

URANUS  
50 530 km  
-17.24 heures (Uranus tourne  
en sens inverse)  
84.0 années terrestres  
2870 millions de km

NEPTUNE  
49 100 km  
16.1 heures  
164.8 années terrestres  
4497 millions de km

Pas reproduit à l'échelle

Mars n'a pas de champ magnétique qui détournerait de la planète le vent solaire ou les rayons cosmiques galactiques, et la fine atmosphère de Mars n'arrive pas à arrêter les rayons ultra-violet qui se dirigent vers elle.

Ce type de rayonnement cosmique constituera un sérieux danger pour les humains, car il pourrait endommager certaines molécules de l'ADN des cellules vivantes et même provoquer des cancers en cas de prolifération des cellules endommagées. Il est évident que les postes de *docteurs* et d'*infirmiers(ères)* seront indispensables sur la base martienne.

« Alors, il y fait froid, nous devons craindre les rayonnements et nos corps ne sont pas habitués à une gravité aussi faible. Mars a-t-elle quelque chose de normal, comme la météorologie, par exemple ? » demande Molly. Eh bien, l'atterrisseur Phoenix de la Nasa a découvert une chute de neige sur Mars ! Mais si j'étais toi, je n'emporterais pas déjà mes skis, car la neige se sublime avant de toucher le sol. « Se sublime ? » Oui, elle passe de l'état d'eau glacée à celui de gaz sous forme de vapeur d'eau, en sautant la phase liquide. Si tu veux voir un exemple de sublimation, la glace sèche (le dioxyde de carbone) se sublime sur la Terre : on l'utilise souvent pour conserver la nourriture au frais et on peut l'acheter dans certains magasins d'alimentation.

Grande tache rouge

En 1971, Mariner 9, le premier satellite qui ait tourné autour de la Planète rouge, arriva sur Mars au milieu d'une énorme tempête de poussière qui recouvrit toute la planète.

Mariner 9 fut le premier à découvrir les tempêtes de poussière de Mars, qui sont désormais connues de tous. Elles ont constitué un fléau pour les vaisseaux spatiaux qui se sont ensuite posés sur Mars, en enrayant leurs systèmes électroniques et leurs éléments mobiles, et en recouvrant de poussière les panneaux solaires. *Spirit*, l'un des deux véhicules d'exploration qui se sont posés sur Mars en 2004, a failli succomber en novembre 2008 à une fine pluie de poussière martienne.

## Pour aller plus loin

Pour connaître les missions passées, présentes et futures de Mars, apprendre à concevoir une colonie de l'espace, lire le bulletin météo de Mars, etc., suivez ces liens :

Sur le vaisseau spatial Viking 2 :

[www.spacehole.free.fr/normal/webspace/Missions/mars/Viking2.html](http://www.spacehole.free.fr/normal/webspace/Missions/mars/Viking2.html)

Sur l'atterrisseur Phoenix :

[www.orbitmars.futura-sciences.com/phoenix.php](http://www.orbitmars.futura-sciences.com/phoenix.php)

Sur la récente découverte de méthane sur Mars :

[www.planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-methane-Mars-Terre.xml](http://www.planet-terre.ens-lyon.fr/planetterre/XML/db/planetterre/metadata/LOM-methane-Mars-Terre.xml)

Lire le bulletin météo de Mars (en anglais) :

[www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/phoenix/weather1.asp](http://www.asc-csa.gc.ca/eng/astronomy/phoenix/weather1.asp)

Sur le Laboratoire de sciences martiennes :

[www.orbitmars.futura-sciences.com/mars-actu](http://www.orbitmars.futura-sciences.com/mars-actu)

Sur ExoMars :

[www.futura-sciences.com/fr/news/t/](http://www.futura-sciences.com/fr/news/t/)

Sur les volcans sur Mars, entre autres sujets :

[www.nirgal.net](http://www.nirgal.net)

Sur la conception d'une colonie de l'espace :

[www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=10160](http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=10160)

Voir aussi Mars pour les enfants (en anglais) :

<http://marsprogram.jpl.nasa.gov/kids/>



Source: NASA/JPL-Caltech/Canadian Space Agency. Vent: Université d'Aarhus

## Achetez un Galiléoscope pour admirer les étoiles



Le Galiléoscope™ est un télescope de qualité, peu coûteux, à monter soi-même, mis au point pour l'Année internationale de l'astronomie par une équipe des meilleurs astronomes, ingénieurs opticiens et professeurs de sciences. Où que vous habitiez, avec ce matériel facile à monter, de 50 mm de diamètre, avec réfracteur achromatique d'une puissance de 25 à 50, vous pourrez contempler les merveilles célestes que Galilée aperçut le tout premier, il y a 400 ans, et qui font encore les délices des amateurs d'aujourd'hui. Ce sont, par exemple, les cratères de la lune, les montagnes de Mars, les quatre lunes qui gravitent autour de Jupiter, les phases de Vénus, les anneaux de Saturne et les innombrables étoiles invisibles à l'œil nu. Le Galiléoscope est un projet phare de l'Union astronomique internationale, en collaboration avec l'UNESCO, entre autres organismes.

Il coûte 15 dollars des États Unis (plus frais d'envoi) ou bien 12,50 dollars pièce pour l'achat groupé de 100 ou davantage (plus frais d'envoi).

Pour commander : <https://www.galileoscope.org/>

Pour en savoir plus : [y.berenguer@unesco.org](mailto:y.berenguer@unesco.org) ; [info@galileoscope.org](mailto:info@galileoscope.org)

(Telephone: +1 603-401-8249)



Photo : NASA

*Voilà à quoi ressemblerait le coucher du Soleil si vous étiez sur Mars. Il paraît bien plus petit que sur la Terre parce qu'il est plus éloigné. D'après ce que cet article vous a appris, si la dimension angulaire du Soleil sur la Terre est d'un demi-degré (30 minutes d'arc), que serait-elle sur Mars (en moyenne) ? Solution en bas de page*

Mais la poussière n'a pas eu que des aspects négatifs sur Mars. Nous savons depuis quelques années qu'il existe à la surface de Mars de petites tornades de poussière appelées « tempêtes diaboliques de poussière ». Nous en avons aussi sur la Terre. En mars 2005, l'une d'elle enveloppa le rover *Spirit*, et débarrassa la poussière de ses panneaux solaires, ce qui lui permit de recevoir de nouveau de l'énergie. Si ce petit diable a aidé le rover, un être humain n'aimerait sûrement pas y être confronté, car l'atterrisseur Phoenix de la Nasa vient de mesurer la vitesse du vent d'une petite tornade de poussière à 40 km/h !

Récapitulons. Nous avons parlé des besoins de nourriture, d'air, d'abri et de transport. Ajoutons à la liste des défis à relever la nécessité d'une source constante d'énergie. Sans combustibles fossiles sur Mars, la station devrait exploiter l'énergie solaire et peut-être celle du vent. Or, le rayonnement solaire qui atteint Mars est, en moyenne, inférieur à la moitié de celui de la Terre, et la densité de l'atmosphère y est bien inférieure, si bien que les technologies mises au point sur la Terre pourraient ne pas être directement transférables sur Mars.

Je demande à Molly si elle veut toujours explorer Mars, maintenant qu'elle en sait davantage. « Je pense qu'il nous faut explorer l'espace, surtout les autres planètes », répond-elle. Comme je lui demande pourquoi, elle fait la moue pour ajouter : « Et si nous n'arrivions pas à prendre bien soin de notre planète ... ? ». C'est une très bonne question, Molly.

Susan Hoban<sup>1</sup>

**SOLUTION :** La taille apparente d'un objet varie de façon linéaire et inversement proportionnelle à la distance. Faites-en la preuve en vous munissant d'une règle et d'un stylo : posez une tasse sur une table à une distance connue (disons, 1 m). Tendez l'index et marquez-y la taille apparente de la tasse. Éloignez-vous maintenant de deux fois cette distance (de 2 m) et mesurez de nouveau. De combien la taille apparente de la tasse a-t-elle changé ? En partant de ce principe et sachant que 60 minutes d'arc valent 1 degré, nous pouvons calculer que la dimension angulaire du Soleil vu à partir de Mars = la dimension angulaire du Soleil vu de la Terre multipliée par (la distance moyenne de la Terre au Soleil divisée par la distance moyenne de Mars au Soleil), soit  $x = 30$  minutes d'arc multiplié par (1 UA/1,5 UA). Réponse :  $x = 20$  minutes d'arc, soit le tiers d'un degré

1. Coordinatrice du projet BEST Students (Beginning Engineering, Science and Technology) de la NASA, University du Maryland, Comté de Baltimore : [hoban@umbc.edu](mailto:hoban@umbc.edu)



## Risque de catastrophe en hausse, selon l'ONU

**Dans le monde entier, les risques de catastrophe sont en augmentation pour la plupart des phénomènes. C'est ce que révèle un rapport de l'ONU divulgué le 8 juin au siège de l'UNESCO, à Paris. De plus, le risque de pertes économiques dues aux catastrophes augmente bien plus vite que le risque de mortalité.**

Concentrés sur une très petite portion de la surface de la Terre, les risques de catastrophes sont répartis de façon très inégale, selon la première édition du Rapport biennal mondial d'évaluation sur la réduction des risques de catastrophes, intitulé *Risque et pauvreté dans un climat en évolution : investir aujourd'hui pour des lendemains plus sûrs*. Seule une poignée de pays – très peuplés cependant – ont été frappés par plus d'un méga-cataclysme au cours des 30 dernières années : Bangladesh, Chine, États-Unis, Inde, Indonésie et Japon.

Si elles restent encore rares, la moitié des 14 catastrophes les plus coûteuses et meurtrières survenues depuis 1976 ont eu lieu dans les cinq dernières années. Ce fut le cas du tremblement de terre du Sichuan, par exemple, en mai 2008, qui a provoqué la mort d'au moins 87 566 Chinois et en a affecté plus de 60 millions. Quelque 5,36 millions de bâtiments se sont effondrés, et plus de 21 millions ont été endommagés. Avec des dommages estimés à 30 milliards de dollars, ce séisme occupe le 8<sup>ème</sup> rang parmi les cataclysmes les plus meurtriers des 30 dernières années, et le 3<sup>ème</sup> rang pour les plus coûteux, après l'ouragan Katrina (É-U, 2005) et le tremblement de terre de Kobe (Japon, 1995). Toujours en mai 2008, 133 655 personnes ont péri après que le cyclone Nargis a dévasté la région du « garde-manger » du Myanmar.

« En général, les pays les plus pauvres et les moins bien gouvernés sont plus exposés que les autres » précise le rapport, qui remarque que les petites économies sont plus vulnérables que celles qui sont plus diversifiées. Lorsque les cultures ont été attaquées par les criquets au Niger, en 2004, la récolte de céréales n'est descendue que de 11 % en dessous de la moyenne des cinq années précédentes, et malgré la crise on



Une chaîne humaine tente de sauver un homme prisonnier de sa voiture durant la plus grande inondation de Chisinau, de mémoire d'homme. En 2005, un véritable déluge a fait déborder le lac de retenue au nord de la capitale moldave et rompu son barrage. Les hommes ont pu ramener sur la terre ferme l'automobiliste

pouvait acheter de la nourriture. Mais la conjonction de la faiblesse des structures socioéconomiques et politiques, de la hausse des prix sur le marché et d'une pauvreté croissante – 40% de la population en 1990 et 60% en 2004 – a fait que 12 millions de personnes ont eu besoin d'une aide alimentaire.

Les moyens de subsistance des ruraux sont particulièrement vulnérables, dans de nombreux pays en développement. Environ 75 % des personnes situées en dessous du seuil international de pauvreté – 1,25 dollar par jour – vivent en zones rurales : 268 millions en Afrique subsaharienne, 223 millions en Asie orientale et dans le Pacifique, et 394 millions en Asie du Sud. « Même dans les pays connaissant un développement économique rapide, comme la Chine », dit le rapport, « il y a 175 millions de ruraux en dessous de ce seuil ».

Le rapport plaide pour un changement radical dans les pratiques du développement et pour l'adoption de politiques d'adaptation et de préparation aux aléas. Les nouvelles sont encourageantes à ce point de vue. Les rapports intérimaires nationaux transmis par 62 pays sur les progrès accomplis pour atteindre les objectifs du Cadre d'action de Hyogo (2005) indiquent que « de nombreux pays sont en train de faire de très grands progrès pour mettre en place des systèmes institutionnels, des législations, des politiques et des plans d'amélioration de la prévention des catastrophes, de la réaction et d'alerte rapide ». Parmi ces pays se trouvent ceux qui ont subi le tsunami de décembre 2004 dans l'océan Indien, qui a tué 226 408 personnes. « Grâce à ces efforts, beaucoup de pays à bas revenus ont considérablement réduit leurs risques de mortalité face au danger des cyclones tropicaux et des inondations » relève le rapport.

Mais s'agissant d'autres facteurs profonds du risque, comme la faiblesse de la protection sociale, les progrès sont moins encourageants. Le rapport rappelle que « la croissance économique ne suffit pas à réduire le risque de catastrophe : quand des pays développent leur économie, les risques encourus augmentent d'autant, sans que leur vulnérabilité ne diminue en proportion. Une plus grande équité sociale peut non seulement réduire la vulnérabilité mais aussi soulager la pauvreté ».

La rédaction du rapport a été coordonnée par la Stratégie internationale de l'ONU de prévention des catastrophes en collaboration avec le PNUD, la Banque mondiale, le PNUE, l'OMM, l'UNESCO, le consortium ProVention et une vaste gamme d'autres partenaires.

Lire le rapport : [www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/](http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/report/); pour en savoir plus : [b.roubhan@unesco.org](mailto:b.roubhan@unesco.org)

## 22 nouvelles réserves de biosphère

Le 26 mai, 22 réserves de biosphère, situées dans 17 pays, ont été agréées par le Conseil international de coordination (CIC) du programme de l'UNESCO l'Homme et la biosphère (MAB). A l'origine, 36 sites avaient été proposés par 25 pays. Le Réseau mondial des réserves de biosphère en compte désormais 553 dans 107 pays.

Depuis la Réserve de biosphère de l'île de Jeju, où il siégeait en République de Corée, le CIC a également approuvé l'extension de quatre réserves déjà existantes : Mata Atlântica (Brésil),

La Campana-Peñuelas (Chili), Carélie du Nord (Finlande) et Dyfi (Royaume-Uni), désormais rebaptisée Biosphère Dyfi Biosphere.

C'est aussi l'île de Jeju qui a accueilli les lauréats du prix Michel Batisse pour la Gestion des réserves de biosphère. Attribuée tous les deux ans, la bourse de 6 000 dollars sera partagée, cette année, entre Boshra Salem (Égypte) pour son étude de cas intitulée *Working together for a better livelihood in Omayed Biosphere Reserve* et Yuriy Gorshkov (Russie) pour son étude de cas *Nature management, conservation, restoration of the biological landscape diversity and socio-economic activity* dans la réserve de biosphère du Grand Volzhsko-Kamsky.

Le CIC a également félicité les 10 lauréats de cette année des bourses du MAB pour Jeunes scientifiques, d'une valeur de 5 000 dollars chacune : Peggy Prisca Ouoko Yangounza (République centrafricaine), Ana Maria Abrazua Vasquez et Paula Irrazabal et Soledad Contreras (Chili), Surima Orto Pozo (Cuba), Yun Son Suk (RPD de Corée), Steeve Ngama (Gabon), Taher Ghadirian (Iran), Deni Rayn Villalba (Mexique), Marina Rubtsova (Russie) et Khalid Osman Hiwytala (Soudan).

Voir la galerie de photos : [www.unesco.org/mab](http://www.unesco.org/mab)



© UNESCO/Favio Mayorga

Une lagune dans la Réserve de biosphère de Montebello, au Mexique

## Les nouvelles réserves de biosphère

<b>Vhembe</b> Afrique du Sud	Comprend la partie nord du Kruger National Park, le site Ramsar des Makuleke Wetlands, les Soutpansberg et le Blouberg, éléments clés de la biodiversité, le paysage du patrimoine mondial culturel de Mapungube et le plateau de Makgabeng, présentant plus de 1 000 exemples d'art rupestre. Agriculture, élevage et réserves de chasse. Populations autochtones.
<b>Bliesgau</b> Allemagne	Relie deux paysages contrastés : le nord, densément peuplé et urbanisé, le sud faiblement peuplé et rural. Recherches approfondies sur les évolutions écologiques dans le cadre du changement climatique.
<b>Jura souabe</b> Allemagne	150 000 habitants. Produits locaux, industries artisanales, éco-commerce, agriculture bio, énergies renouvelables etc. Le camp d'entraînement militaire de Münsingen, interdit au public pendant 110 ans jusqu'en 2005, est l'une des plus grandes zones préservées du bruit du Bade-Württemberg.
<b>Great Sandy</b> Australie	Couvrant des zones terrestres, côtières et marines, il abrite les plus grandes forêts pluviales poussant sur du sable. L'île Fraser, site du Patrimoine mondial naturel depuis 1992. Encourage l'écotourisme et l'agriculture bio de niche..
<b>Shinan Dadohae</b> République de Corée	Archipel au sud-ouest du pays. Il comprend des zones terrestres et marines ainsi que de grandes zones intertidales qui servent d'aires de repos à des oiseaux migrateurs rares. Des formes traditionnelles de pêche (à la main, par exemple) et la production de sel s'y perpétuent
<b>Mont Myohyang</b> RPD de Corée	Selon la légende, ce site sacré aurait vu naître le roi Tangun, ancêtre du peuple coréen. Haut de près de 2 000 m, il abrite 30 espèces de plantes endémiques, 16 espèces de plantes menacées et 12 espèces animales menacées.
<b>Fuerteventura</b> Espagne	Deuxième plus grande île de l'archipel des Canaries, elle comprend des zones désertiques ou semi-désertiques, des habitats côtiers et marins. Grande biodiversité (dauphins, cachalots, tortues etc.). L'un des principaux observatoires géo-paléontologiques du monde. Accent mis sur l'écotourisme et la production d'énergie éolienne et solaire
<b>Nokrek</b> Inde	Dans l'État de Meghalaya, point clé pour la biodiversité, abritant des éléphants, tigres, léopards et gibbons houlocks, et réputée pour ses variétés sauvages d'agrumes.
<b>Pachmarhi</b> Inde	Dans l'État central du Madhya Pradesh, réserves de tigres et autres espèces. À l'interface des forêts tropicales, humides et sèches et des forêts de basses montagnes subtropicales, un paradis pour botanistes. Les tribus locales contribuent à la préservation de la forêt
<b>Similipal</b> Inde	Réserve de tigres dans l'État d'Orissa, à l'est. Ce milieu tropical abonde également en éléphants, panthères, cervidés et espèces de plantes. Les tribus locales vivent de l'agriculture, de la chasse et des produits de la forêt mais manquent de ressources complémentaires..
<b>Giam Siak Kecil – Bukit Batu</b> Indonésie	Zone de tourbières de Sumatra, dotée d'une exploitation durable du bois et de deux réserves de faune, hébergeant des tigres de Sumatra, éléphants, tapirs et ours à collier. Recherches sur le suivi des espèces phares et étude approfondie de l'écologie des tourbières. Intéressante zone expérimentale pour le marché carbone.
<b>Jabal Moussa</b> Liban	Site sauvage et préservé, protégé par des arrêtés municipaux. La vallée est parsemée de cours d'eau, de pacages, de forêts mixtes de chênaies, de pinèdes, d'olivieraies et de nombreuses espèces de plantes importantes pour l'économie. Il abrite des loups, hyènes, damans, oiseaux et reptiles.
<b>Tasik Chini</b> Malaisie	Première réserve de biosphère du pays, à l'est de la péninsule. Le lac de Tasik Chini, dans l'aire centrale de la réserve, sanctuaire de nombreuses espèces endémiques d'eau douce. Fort potentiel de développement de l'artisanat à base d'espèces végétales locales autour du lac et des rivières qui l'alimentent.
<b>Lagunes de Montebello</b> Mexique	Grande biodiversité. Elle relie la région montagneuse du Chiapas à la plaine côtière du golfe du Mexique. Paysage karstique avec plus de 50 lagons. Vitales pour la collecte d'eau douce et la régulation climatique. Communautés locales associées à la gestion du site par la production de café organique, la reforestation, les activités touristiques, etc.
<b>Île Flores</b> Portugal	Dans l'archipel des Açores. Partie émergée d'un mont sous-marin situé près de la dorsale médio-atlantique, née d'une activité volcanique commencée il y a moins de dix millions d'années. La réserve comprend l'île et certaines zones marines adjacentes. Pêche traditionnelle et écotourisme : plongée, observation des baleines et dauphins.
<b>Geres/Xures</b> Portugal et Espagne	Réserve transfrontalière dotée d'un plan de gestion conjoint. Riches écosystèmes de forêts et de tourbières, grand nombre d'espèces endémiques influencées par les climats océanique et méditerranéen.
<b>Altai</b> Fédération de Russie	Parties nord-est et est de l'Altaï, le long d'immenses chaînes de montagnes. 3,5 millions d'ha, 15 000 habitants. En son centre, le site du Patrimoine mondial naturel de l'Altaï. Rôle clé pour le tourisme. Classée depuis 1932, c'est l'une des zones du monde les moins touchées par l'intervention humaine. Populations autochtones.
<b>Lajat</b> Syrie	À la frontière de la Jordanie. Grande biodiversité, survivance des pâturages en rotation, restauration des paysages, fouilles et mise en valeur des ruines archéologiques de Lajat, éducation au développement durable.
<b>Desnianskyi</b> Ukraine	En Pologne orientale. Forêts, rivières, lacs, plaines d'inondation, marécages sur 58 000 ha. Espèces rares d'ours et de lynx. Agriculture organique et écotourisme sur le fleuve Desna. Camp écologique pour enfants <i>Desnianski Zori</i> . Écotourisme transfrontalier en développement avec la Russie. Efforts pour créer une réserve transfrontalière.
<b>Delta del Orinoco</b> Venezuela	Abrite plus de 2 000 espèces de plantes et une remarquable biodiversité de faune terrestre et aquatique. Possibilité de renforcer les communautés Warao, de protéger leurs territoires et d'améliorer leurs conditions de vie.
<b>Cu Lao Cham – Hoi An</b> Viet Nam	Site côtier, îlien et marin au centre du pays, célèbre pour ses espèces marines : coraux, mollusques, crustacés et algues. Il comprend Hoi An, site culturel du Patrimoine mondial, ancien port de commerce avec l'Europe. Bien placé pour l'écotourisme durable.
<b>Mui Ca Mau</b> Viet Nam	À la pointe sud du pays, à la frontière de la mangrove et des forêts de niaoulis. Zone de reproduction et de nidification d'espèces marines. Projets d'écotourisme et de tourisme culturel, ainsi que formation pour améliorer l'agriculture et la pêche.



## Le Cap Vert rejoint le réseau du Campus virtuel

**Le Campus virtuel africain a acquis un nouveau partenaire, du 16 au 18 mars, lorsque le personnel de l'Université du Cap Vert a suivi à Dakar (Sénégal), un atelier sous-régional de formation pour enseignants. Le nombre de pays participant au réseau se monte ainsi désormais à quatre : Bénin, Cap Vert, Côte d'Ivoire et Sénégal.**

Les personnels techniques et enseignants des établissements membres du réseau se trouvaient à Dakar en mars pour lancer la production des cours en ligne pour étudiants, à l'aide de la Cyber Teacher Technology. Le programme de l'atelier traitait également de la manière d'utiliser les instruments de communication entre les centres participants et d'exploiter et enrichir les bibliothèques virtuelles régionales. Les participants ont également découvert le portail régional du Campus virtuel africain, hébergé en langue française par l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar au Sénégal.

Tout en participant au réseau international, le Cap Vert se prépare à créer son propre réseau national en reliant entre eux les dix centres répartis sur l'archipel. Le projet est supervisé par António Correia e Silva, recteur de l'Université du Cap Vert, avec le soutien de Vera Duarte Lobo de Pina, ministre de l'Éducation ainsi que de Gloria Rendall Ribeiro, Secrétaire permanente de la Commission nationale pour l'UNESCO. Petra Lantz est le point focal du projet au bureau de l'ONU au Cap Vert.

Du fait que le Cap Vert est un pays pilote d'« Une seule ONU », le projet amènera plusieurs partenaires à se réunir sous les auspices du Programme Une seule ONU. À la demande du gouvernement, le Campus virtuel africain sera utilisé pour améliorer les compétences et la formation des enseignants, à tous les niveaux du système éducatif.

Le Cap Vert compte 519 000 habitants, dont le PNB annuel est de 2 590 dollars en PPA. L'espérance de vie de 72 ans est l'une des plus longues d'Afrique. Le pays a, en outre, l'un des meilleurs résultats du continent dans le domaine de l'éducation : 99 % des enfants vont à l'école primaire et 97 % des jeunes de 15 à 24 ans savent lire et écrire ; la proportion d'un enseignant pour 25 élèves est satisfaisante ; près des deux tiers des enseignants du secondaire (62 %) ont reçu une formation professionnelle ; 1 % de la population est inscrite dans l'enseignement supérieur ; et un peu plus de la moitié des universitaires et de leurs professeurs sont des femmes, selon le *Rapport de suivi de l'Éducation pour tous* (UNESCO, 2009).

Le Campus virtuel africain a été inauguré en juillet 2008. Le Bénin est alors devenu le premier pays à héberger le réseau. C'est l'un des trois projets phares de l'UNESCO qui contribuent à la mise en œuvre du Plan d'action consolidé de l'Afrique dans le domaine de la science et de la technologie. Les deux autres sont le Renforcement des capacités en science, technologie et politiques d'innovation, et le projet d'Amélioration de l'enseignement de la science et de la technologie.

Le Campus virtuel africain est dirigé par Mohamed Miloudi de la Division des politiques scientifiques et du

développement durable au siège l'UNESCO, et en Afrique de l'Ouest par Ann-Thérèse Ndong-Jatta, Directrice du bureau régional de l'UNESCO pour l'éducation en Afrique, situé à Dakar. Le projet bénéficie également du soutien financier de l'Agence espagnole de coopération pour le développement international (AECID).

D'ici la fin de l'année, des établissements du Nigeria, de Gambie et du Togo rejoindront le réseau.

*Pour en savoir plus : [Cristina.Ferreira@unicv.edu.cv](mailto:Cristina.Ferreira@unicv.edu.cv); ou [gloria.ribeiro@govcv.gov.cf](mailto:gloria.ribeiro@govcv.gov.cf); ou encore : <http://cva.ucad.sn/>*



*Image vidéo. Le Pr Tako, du Campus virtuel en Côte d'Ivoire, donne une conférence de médecine, en ligne, en utilisant la Cyber Teacher Technology. Les conférences sont archivées individuellement afin que chaque étudiant puisse les regarder autant de fois qu'il le désire*

## Une bibliothèque numérique mondiale

**L'UNESCO et 32 institutions partenaires ont lancé au Siège de l'UNESCO, le 21 avril, la Bibliothèque numérique mondiale, un site internet qui propose au public, en accès libre et gratuit, des matériaux historiques, cartes, livres rares, films, enregistrements sonores, illustrations et photographies, dont certains ont plusieurs siècles.**

L'idée en avait été proposée à l'UNESCO par James Billington, de la Bibliothèque du Congrès des États-Unis. L'opération vise à augmenter la quantité et la diversité des contenus culturels sur internet, à fournir des matériaux aux éducateurs, aux chercheurs et au grand public, et aussi à réduire la fracture numérique au sein des pays et entre eux. La bibliothèque fonctionne en sept langues : anglais, arabe, chinois, espagnol, français, portugais et russe. Elle propose aussi des contenus dans de nombreuses autres langues.

Parmi les trésors de la bibliothèque numérique figure une copie de l'ouvrage le plus célèbre d'al-Sufi, le *Kitab suwar al-kawakib*, publié vers 964 de notre ère. Al-Sufi (Perse, 903–986) y décrit les 48 constellations de Ptolémée, assorties de ses propres critiques et commentaires. Son ouvrage stimula les travaux d'astronomie dans les mondes arabe et musulman et influença fortement le développement de la science en Europe. Cette copie, détenue par la Bibliothèque du Congrès et réalisée

en Asie vers 1730, est la reproduction fidèle d'un manuscrit perdu, rédigé pour Ulugh Beg de Samarcande en 1417.

Parmi les autres trésors se trouvent des os d'oracle et des stèles proposés par la Bibliothèque nationale de Chine; des manuscrits scientifiques arabes provenant de la Bibliothèque nationale et des Archives d'Égypte; d'anciennes photographies d'Amérique latine fournies par la Bibliothèque nationale brésilienne; le *Hyakumanto dorami*, publié en 764, fourni par la Bibliothèque du Parlement japonais, et la fameuse *Bible du Diable* du 13<sup>ème</sup> siècle de la Bibliothèque royale de Stockholm.

La bibliothèque numérique a été créée et développée par une équipe de la Bibliothèque du Congrès, avec une aide technique de la Bibliotheca Alexandrina d'Égypte. Parmi les institutions ayant contribué, tant en contenus qu'en expertise, on compte des bibliothèques nationales et des institutions culturelles et éducatives d'Afrique du Sud, d'Arabie saoudite, du Brésil, de Chine, des États-Unis, de France, d'Iraq, d'Israël, du Japon, du Mali, du Mexique, du Maroc, d'Ouganda, des Pays-Bas, du Qatar, du Royaume-Uni, de Russie, de Serbie de Slovaquie et de Suède.

Pour découvrir la bibliothèque : [www.wdl.org/fr/](http://www.wdl.org/fr/)

## Parution de l'*Atlas mondial des grands singes*

Sur l'île de Jeju, l'UNESCO a lancé, le 28 mai, l'*Atlas mondial des grands singes et leur conservation*, en marge de la réunion du CIC du programme MAB.

L'atlas avait été publié en anglais par le PNUE et inauguré lors de la première réunion intergouvernementale sur les grands singes de septembre 2005. Cette « première » était alors organisée dans la capitale de la République démocratique du Congo (RDC) au titre du Projet de survie des grands singes (GRASP), coordonné par le PNUE et l'UNESCO. L'édition française coïncide maintenant avec l'Année du gorille, initiative conjointe de la Convention du PNUE sur les espèces migratoires (CMS), du GRASP et de l'Association mondiale des zoos et des aquariums. Le gouvernement français a participé au financement de l'ouvrage.

Sur les quatre espèces de gorilles, trois figurent sur la Liste rouge de l'UICN comme « en danger critique d'extinction ». Les plus menacés sont les gorilles de montagne de la RDC, du Rwanda et de l'Ouganda, ainsi que les gorilles Cross River du Cameroun et du Nigeria, dont ne survivent respectivement que 700 et 300 individus. En RDC, la population des gorilles des plaines orientales s'est effondrée cette dernière décennie : il n'en resterait que 5 000 individus. La sous-espèce la plus répandue, celle du gorille des plaines occidentales, habitant l'Angola, le Cameroun, la République centrafricaine,

la RDC, la République du Congo, la Guinée équatoriale et le Gabon, ne totalise que 125 000 individus environ.

La chasse est le principal fléau pour les gorilles, qu'elle réponde au besoin de nourriture – au moins un million de tonnes de viande de brousse provient tous les ans des forêts du bassin du Congo – ou aux besoins de la médecine traditionnelle. Il existe un autre fléau : la destruction de l'habitat des gorilles par l'agriculture sur brûlis et la sylviculture. L'exploitation des abondantes ressources minières – charbon, or, zinc, uranium et coltan (utilisé dans les téléphones portables) – ne fait qu'aggraver le problème.

L'Année du gorille collecte des fonds pour financer des projets en Afrique dans le cadre de l'Accord de la CMS pour la conservation des gorilles, adopté en octobre 2007. Elle se propose d'améliorer la gestion des populations nationales et frontalières de primates et de leur habitat en assurant aux villageois des moyens de subsistance suffisants grâce aux activités rémunératrices comme l'écotourisme, la sylviculture durable et des pratiques agricoles alternatives. L'un de ces projets a pour ambition de propager à des milliers de foyers de la RDC l'usage des poêles à inertie, de fabrication locale, pour la cuisson. Ces installations réduisent jusqu'à 70% la quantité de charbon et de bois utilisée, créent des emplois locaux et améliorent l'air ambiant des maisons. Un deuxième projet, au Cameroun cette fois, propose l'apiculture comme alternative à la chasse à la viande de brousse. Un troisième projet développe l'observation des gorilles de montagnes au Rwanda, où les revenus en devises du tourisme « dépassent désormais ceux des exportations de café et de thé », selon la CMS.

L'UNESCO apporte son soutien à l'Initiative de réserve de biosphère transfrontalière du Central Albertine Rift, qui prévoit de promouvoir l'écotourisme afin de protéger les gorilles des sites du Patrimoine mondial de la Forêt impénétrable de Bwindi (Ouganda), du parc national des Virunga (RDC) et du parc national des Volcans (Rwanda).

L'UNESCO soutient également la création d'une réserve transfrontalière entre Cabinda (Angola) et les Réserves de biosphère de Luki (RDC) et de Dimonica (Congo) en vue de protéger les chimpanzés et l'écosystème de la forêt pluviale tropicale du Mayombe, en y favorisant un développement durable. Des experts ont participé à Kinshasa, en avril, à un premier atelier sous-régional préliminaire à la future Réunion ministérielle tripartite des pays concernés.

L'Année du gorille a débuté sous d'heureux auspices, le 29 janvier, lorsque l'Institut congolais pour la conservation de la nature a publié les résultats d'une enquête indiquant que la population des gorilles de montagne du secteur Mikené du parc national des Virunga était passée de 72 à 81 individus depuis août 2007, dernière date à laquelle les gardiens avaient pu parcourir ce secteur. Ils ont cependant signalé que quatre braconniers ont été arrêtés pendant les sept semaines de l'enquête et 536 pièges détruits.



Jeune gorille des plaines agrippé au dos de sa mère, au Congo

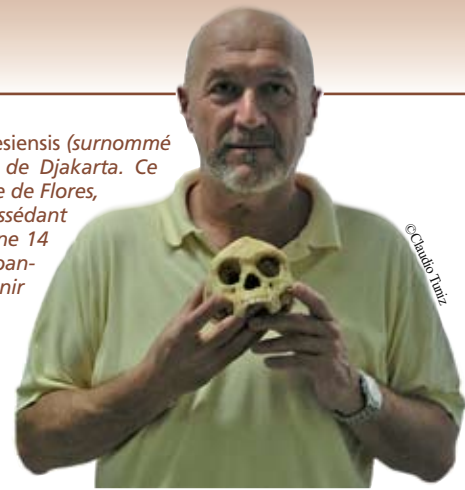
Pour en savoir plus : [mab@unesco.org](mailto:mab@unesco.org)  
[www.yog2009.org](http://www.yog2009.org); [www.unesco.org/mab/grasp](http://www.unesco.org/mab/grasp)



# Claudio Tuniz

## « Out of Africa »

Claudio Tuniz montre le crâne de l'Homo floresiensis (surnommé le hobbit) au Centre national d'archéologie de Djakarta. Ce crâne, découvert en 2003 sur l'île indonésienne de Flores, est celui d'une femme adulte d'1 m environ, possédant un cerveau de 400 cm<sup>3</sup>. La datation au carbone 14 de son squelette lui donne 18 000 ans. Les paléoanthropologues soupçonnent le hobbit d'appartenir à un genre plus archaïque que l'Homo



Les preuves que nous provenons tous de l'Afrique ne cessent de s'accumuler. Mais quand la migration de ces êtres humains dotés d'une anatomie moderne a-t-elle commencé ? Combien de temps a-t-il fallu pour qu'ils atteignent les derniers recoins de la Terre ? Et que savons-nous du mode de vie de nos ancêtres et de leur empreinte sur l'environnement ?

Le spécialiste en physique nucléaire Claudio Tuniz étudie ces questions depuis plusieurs années, et dernièrement en qualité de Sous-directeur du Centre international Abdus Salam de physique théorique (CIPT) de l'UNESCO, à Trieste. À première vue, le lien entre la physique et l'évolution de l'humanité n'est pas évident, mais il se trouve que les outils de la physique moderne peuvent dater avec exactitude l'évolution et la dispersion des êtres humains. En partant des accélérateurs de particules pour mesurer l'âge des météorites et des roches lunaires, le P<sup>r</sup> Tuniz en est venu à les utiliser pour préciser l'âge des ossements et des dents humaines.

Le 29 avril, à la veille du Colloque de l'UNESCO "Darwin, évolution et science", le P<sup>r</sup> Tuniz était à Venise pour expliquer comment les dernières avancées en physique sont utilisées pour étudier l'évolution des espèces. Pour commémorer le 200<sup>ème</sup> anniversaire de la naissance de Charles Darwin, il vient de publier *The Bone Readers* avec ses co-auteurs Richard Gillespie et Cheryl Jones. Ils y relatent les débats scientifiques, politiques et les réactions culturelles qui ont accompagné l'étude de l'origine des Aborigènes d'Australie.

### D'où venons-nous ?

Il existe deux théories principales sur l'origine de l'homme moderne. La théorie « Out of Africa » (« issu de l'Afrique ») place nos racines en Afrique. La théorie antagoniste, multi-régionale, veut qu'il se soit développé simultanément dans plusieurs régions. Les adeptes de cette dernière soutiennent que l'homme moderne d'Asie du Sud-est et d'Australie est issu de l'Homme de Java, et les Chinois de l'Homme de Pékin – ils appartiennent tous deux à l'espèce *Homo erectus*, et que les Européens descendent de l'Homme de Néandertal. Or, les analyses d'ADN pèsent fortement en faveur de la théorie de l'origine africaine, et ses défenseurs revendiquent en outre le témoignage apporté par les ossements.

### Comment les hommes se sont-ils dispersés ?

Les études de génétique des populations suggèrent qu'il y a 70 à 80 000 ans, un groupe d'humains modernes a migré depuis l'Afrique, où ils avaient évolué, il y a environ 200 000 ans, à partir d'une espèce plus archaïque d'*Homo*. Ils se seraient d'abord éparpillés vers l'est, pour atteindre l'Asie et l'Australie.

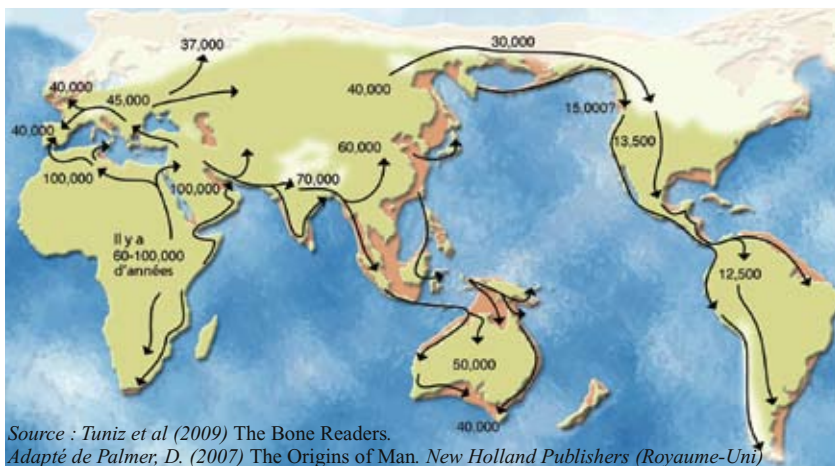
Ils atteignirent l'Europe il y a au moins 40 000 ans, et les Amériques il y a 14 000 ans. Ils laissèrent sur leur passage des indices – os, dents, outils de pierre et restes de nourriture – qui nous aident à suivre leurs traces.

Les analyses d'ADN permettent de confirmer ce type d'informations archéologiques. La récente datation des sédiments attachés aux outils de pierre provenant de l'Inde fait remonter ces artefacts à 77 000 ans. L'étude des mutations génétiques suggère que les humains modernes ayant quitté l'Afrique seraient arrivés en Inde il y a 60 000 à 70 000 ans. Donc, on ne saurait dire avec certitude si les artefacts ont été fabriqués par des humains modernes ou par une population tardive d'hominiens archaïques disparus par la suite. Les mêmes comparaisons peuvent être effectuées en Australie et aux Amériques, où les analyses d'ADN corroborent les preuves archéologiques que l'Australie fut peuplée il y a 50 000 ans, et les Amériques il y a 11 000 à 16 000 ans. Dans les deux cas, l'arrivée des humains coïncide avec la disparition de la mégafaune, ces grands animaux qui peuplaient ces terres pendant les périodes glaciaires.

### Quel rôle peut jouer la physique dans l'étude de l'évolution et de la dispersion des hommes ?

Dès le milieu du 19<sup>ème</sup> siècle, Charles Darwin et les géologues de son époque eurent le sentiment que la Terre et ses créatures vivantes avaient une origine très ancienne, sans avoir toutefois de méthode quantitative pour le prouver. Cela ne devint possible qu'à la fin de ce siècle-là, avec la découverte de la radioactivité. Les techniques modernes qui l'utilisent nous aident à dater avec précision la chronologie de la dispersion et de l'évolution des hommes.

La dispersion des humains modernes, selon les preuves génétiques et archéologiques. Les traits de côtes durant les époques glaciaires sont indiqués en rose



Source : Tuniz et al (2009) *The Bone Readers*.  
Adapté de Palmer, D. (2007) *The Origins of Man*. New Holland Publishers (Royaume-Uni)

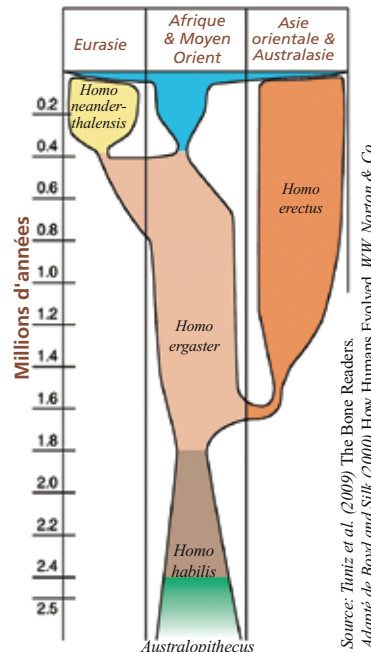
Il existe plusieurs méthodes, selon l'ancienneté des éléments à analyser. La méthode du radiocarbone, qui se réfère au radionucléide du carbone 14 produit dans l'atmosphère par les rayons cosmiques, permet de dater du matériel jusqu'à environ 50 000 ans. Une autre méthode, dite de datation cosmogénique, utilise les isotopes radioactifs de l'aluminium et du béryllium dotés d'une grande longévité, générés au moment où les rayons cosmiques ont bombardé la surface de la Terre. Elle permet de remonter dans le temps jusqu'à un million d'années. D'autres méthodes utilisent la radioactivité de l'uranium et les effets de la radioactivité naturelle sur les grains de sable, c'est la datation par luminescence stimulée optiquement. Il en existe encore bien d'autres.

La datation cosmogénique vient d'être appliquée à l'Homme de Pékin, un hominien chinois archaïque de 700 000 ans, comparable à nos ancêtres africains de la même période. Ceux de l'Homme de Pékin auraient quitté le continent africain en un exode antérieur, il y a presque 2 millions d'années. Pendant cette période, le climat de la Terre connut plusieurs ères glaciaires. Au plus froid de l'ère glaciaire la plus récente, il y a 20 000 ans, la plus grande partie de l'Europe et de l'Amérique du Nord était recouverte de couches de glace d'1 m d'épaisseur. Le niveau des mers s'abaissa de 120 m, ce qui ouvrit de nouveaux couloirs entre les continents. Le « langage des isotopes », exprimé en isotopes d'oxygène et d'hydrogène dans les sédiments marins profonds et dans les carottes de glace de l'Antarctique, parle abondamment du climat révolu.

Les outils et les procédés scientifiques mis au point, essentiellement, par la recherche en physique aident à étudier les dents et les os des hominiens et à examiner sans dommage les vases, lances, porcelaines et autres objets archéologiques. Parmi ces outils, citons les nouveaux microscopes utilisant le rayonnement synchrotron et les faisceaux de neutrons et d'ions à haute énergie, qui peuvent révéler la structure et la composition des artefacts culturels.

Dans les années 1980, j'ai utilisé le rayonnement synchrotron pour étudier le régime alimentaire des anciens Normands de Sicile et d'Italie du Sud, où ils établirent un royaume au 11<sup>ème</sup> siècle ap. J.-C. J'ai utilisé à cette fin du matériel dentaire. Nous analysons en ce moment la dent d'un homme découvert à Visogliano, près de Trieste qui, selon de nombreux paléanthropologues, est l'ancêtre commun de l'homme de Néandertal et des humains modernes. Appartenant à l'espèce

*A l'ESRF, Claudio Tuniz utilise le rayonnement synchrotron (rayons X brillants) pour produire une image en 3D de la dent d'un hominien archaïque avec une résolution qui est des milliers de fois supérieure à celle des images par rayons X ordinaires. Appelée micro-tomographie, cette technique promet de dévoiler les secrets de la biologie développementale de l'homme de Néandertal, de l'Homo erectus et d'autres hominiens. À l'aide du synchrotron, les scientifiques de l'ESRF viennent de découvrir que l'émail de la dent du Néandertalien était plus mince que celui des humains modernes, ce qui corrobore l'hypothèse que les jeunes Néandertaliens devenaient adultes plus tôt que l'Homo sapiens. Le rayonnement synchrotron est produit par un faisceau d'électrons accéléré dans un anneau jusqu'à une vitesse proche de celle de la lumière*



*Selon ce modèle de l'évolution et de la dispersion des humains, H. ergaster s'est développé en Afrique, il y a 1,8 million d'années, avant de se répandre en Asie, où il devint l'H. erectus. La teinte bleue représente l'H. sapiens*

*Homo heidelbergensis*, il a presque un demi million d'années. Nous envisageons également la possibilité d'utiliser la datation cosmogénique – avec laquelle j'ai daté, il y a longtemps, les météorites de l'Antarctique – afin de mieux préciser son âge.

### Et qu'en sera-t-il pour l'avenir ?

Les nouvelles techniques par rayons X nous permettent de distinguer des détails minuscules dans les os et les dents pour en comprendre l'évolution. Grâce au rayonnement synchrotron, nous pouvons produire des images en 3D d'os et de dents avec une résolution qui est des milliers de fois supérieure à celle des images ordinaires aux rayons X, et ceci, sans détruire le spécimen.

Nous appliquons actuellement cette technique à l'hominien archaïque que j'ai cité précédemment, l'*Homo heidelbergensis*. Le Centre européen de rayonnement synchrotron (ESRF) de Grenoble (France) est à la pointe dans ce domaine, mais nous avons des projets semblables, au synchrotron ELETTRA de Trieste.

En Jordanie, un centre de recherche créé sous les auspices de l'UNESCO, le Centre international de rayonnement synchrotron pour les sciences expérimentales et appliquées au Moyen-Orient (SESAME), prévoit un programme consacré à l'archéologie et au patrimoine culturel. C'est un sujet d'importance capitale au Moyen-Orient, où les humains modernes rencontrèrent pour la première fois les Néandertaliens il y a 100 000 ans. La région possède également un riche patrimoine datant des temps historiques, qui doit être préservé et étudié. Le Secrétariat de l'UNESCO et le CIPT participent activement à ces programmes.

Au CIPT, nous construisons, en collaboration avec ELETTRA, un spectromètre à rayons X portatif, qui nous permettra d'analyser sur place, sans avoir à recueillir des échantillons, les exemples d'art rupestre de Kimberley et de la Terre d'Arnhem en Australie du Nord afin d'élucider les méthodes utilisées par les artistes du pléistocène. Cet outil pourrait être transporté





Un site en Andhra Pradesh (Inde). Datée par luminescence stimulée optiquement, par un groupe australien, ce site contient des artefacts remontant à près de 77 000 ans. Ils ont pu être fabriqués soit par l'Homo sapiens, soit par des hominiens archaïques. Ces artefacts ont été découverts dans les couches de sédiments au-dessus et en dessous des fines cendres de la super-éruption du volcan Toba de Sumatra, il y a 74 000 ans. L'éruption fut la plus énorme explosion volcanique des deux derniers millions d'années : elle avait projeté dans l'atmosphère 2 700 km<sup>3</sup> de roches et de cendres



dans les musées africains pour les études de conservation et de compréhension du matériel lié à l'évolution humaine. L'analyse pourrait ainsi se faire sur place, sans déplacer les précieuses et fragiles vestiges humains.

Enfin, et ce n'est pas le moins important, nous envisageons d'utiliser la datation cosmogénique pour confirmer la chronologie de certains vestiges humains, datant de 500 000 ans à 1,5 million d'années. C'est une période essentielle pour l'évolution, et il est important de corroborer d'autres techniques de datation qui présentent encore une grande marge d'incertitude.

### Comment en êtes-vous venu à vous intéresser à l'évolution humaine ?

Depuis toujours, je me suis intéressé à l'évolution humaine et à l'archéologie. Après plusieurs années de travaux de physique pure et nucléaire, j'ai réalisé qu'une partie de la méthodologie pouvait être appliquée à bien d'autres domaines. Dans les années 1980, j'ai appliqué les méthodes des rayons X et de l'accélérateur à l'étude du patrimoine culturel et, dans les années 1990, j'ai utilisé la datation au carbone 14 par accélérateur pour la préhistoire australienne. Je me suis alors passionné pour la façon dont les méthodes de la physique nucléaire pouvaient servir à étudier et préserver ce patrimoine.

Le patrimoine culturel préhistorique est très important pour l'identité des groupes autochtones comme les Aborigènes d'Australie ou ceux d'Amérique du Nord.

### Parlez-nous de l'ouvrage *The Bone Readers*.

Dans ce livre, nous examinons les faits relatifs à la toute première arrivée de l'homme en Australie, ce que l'ADN moderne nous apprend sur l'origine des Aborigènes australiens, les théories sur les « hobbits » indonésiens, et qui ou ce qui a fait disparaître les marsupiaux géants. Les découvertes concernant l'Australie et les pays voisins trouvent un écho dans les débats sur la disparition de l'homme de Néandertal et apportent des éclaircissements sur l'évolution humaine. Nous discutons également sur la façon dont la politique et l'idéologie peuvent interférer avec la méthode scientifique. Il existe des tensions entre science, gestion du patrimoine culturel et croyances des peuples premiers.

Les Aborigènes australiens ont demandé aux musées et autres institutions du monde entier de rendre les ossements de leurs ancêtres, y compris ceux de leur passé très ancien, allant jusqu'à

40 000 ans. Comme nous l'écrivons dans notre livre, « *La controverse prend racine dans l'histoire coloniale de l'Australie. Méprisés au 19<sup>ème</sup> siècle comme primitifs et prisonniers de l'Âge de la pierre, [les Aborigènes] ont été considérés comme des spécimens intéressants par les naturalistes, dans les colonies et en Europe. Les ossements d'au moins 3 000 individus furent envoyés hors du pays dans 70 institutions, ou même davantage, de plus de 21 pays pour enrichir leurs collections* ». Aujourd'hui, lorsque les musées leur rendent de très vieux ossements, les communautés aborigènes les enterrent ou les incinèrent en tant qu'ossements de leurs ancêtres.

Cela crée des tensions avec la communauté scientifique. Dans notre ouvrage, nous expli-

quons que « *nombreux sont les scientifiques et archéologues qui soutiennent que les très anciens vestiges font partie du patrimoine commun de l'humanité. La recherche sur les squelettes pourrait aider à comprendre l'espérance de vie, la santé, les pratiques culturelles, le régime alimentaire et la mobilité des populations d'autrefois. Et les vestiges australiens pourraient contribuer à apaiser certains débats sur l'évolution humaine* ».

Certains aborigènes se sont également opposés à des projets fondés sur l'analyse d'ADN, comme le Projet international sur la diversité du génome humain, des années 1990. Il visait à prélever des échantillons d'ADN sur 100 000 personnes appartenant à 400 ou 500 populations différentes. L'un de ses inconvénients était l'intention de conserver une partie de l'ADN comme lignées de cellules. Cela répugnait à certains Aborigènes. Les scientifiques doivent être attentifs aux sensibilités culturelles.

Les Aborigènes sont nombreux à confondre la science et le monde occidental, celui des colonisateurs. Lorsqu'ils le font, j'aime à leur citer les paroles d'Abdus Salam, fondateur du CIPT, « *la pensée scientifique est le patrimoine commun de l'humanité* ». Certains Aborigènes de l'Australie du Nord accueillent favorablement cette idée et aimeraient s'impliquer dans un projet où les méthodes scientifiques s'intègrent au savoir traditionnel. Leur tradition orale s'est bien transmise sur des centaines de générations, donc, disent-ils, la science ne fera que confirmer ce qu'ils savent déjà !

Il reste encore beaucoup à apprendre sur l'Australie du Nord. Les Aborigènes de ces régions avec lesquels j'ai parlé seraient heureux de collaborer avec des scientifiques. Il est important de déchiffrer, de façon non invasive, les informations véhiculées dans les artefacts culturels et leur rapport avec la culture du peuple qui les a fabriqués. J'estime qu'il y a là une chance importante pour le Secrétariat de l'UNESCO de le faire, et que le CIPT pourrait y jouer également un rôle.

Interview réalisée par Mary Ann Williams<sup>2</sup>

L'éditeur présente des extraits de *The Bone Readers* sur son site : [www.allenandunwin.com](http://www.allenandunwin.com). L'ouvrage est également publié par Left Coast Press (États-Unis) et Springer (Italie).

2. Responsable de l'information du public : [mwilliams@ictp.it](mailto:mwilliams@ictp.it)

# Apprendre à vivre avec la sécheresse en Europe

Ces dernières années, l'Europe a connu, dans certaines régions, une série d'épisodes de sécheresse sévère et, dans d'autres régions, de pluies torrentielles qui font craindre un changement climatique en marche. L'idée d'une politique européenne vis-à-vis de la sécheresse s'est affirmée afin de mieux préparer la région à cette éventualité, grâce à la surveillance, à la prévision et au partage d'informations entre pays. À l'approche de la conférence des Nations unies qui se tiendra en décembre pour décider d'un accord qui succéderait au *protocole de Kyoto*, nous examinons, à travers le prisme d'un programme de l'UNESCO sur les rivières, le spectre du problème grandissant de la sécheresse en Europe.

C'est en 2004 que l'attention du Parlement européen fut attirée pour la première fois sur la nécessité d'élaborer une politique vis-à-vis de la sécheresse, grâce au réseau EurAqua d'instituts européens de recherche sur l'eau douce, lors de la parution du document de réflexion *Towards a European Drought Policy*. Cette politique se fonde sur les paramètres mis au point, dans le cadre du Programme hydrologique international de l'UNESCO, par le programme Régimes d'écoulement déterminés à partir de séries de données internationales expérimentales et de réseaux (FRIEND). Intitulé *Addressing the Challenges of Water Scarcity and Drought in Europe*<sup>3</sup>, ce document est un nouveau jalon vers une directive européenne concernant la sécheresse.

## Des étés catastrophiques

L'Europe a connu en 2003 l'été le plus chaud depuis le début des relevés météorologiques, entraînant pour l'économie une perte d'environ 12 milliards d'euros (voir *tableau*). La baisse du niveau des eaux a endommagé la stabilité des digues, interrompu



Photo : Drosge/Reiss

Le 3 septembre 2003, on voyait peu de bateaux à Kaub, sur le Rhin en Allemagne. Le niveau y était si bas que ce segment n'était praticable que par des navires peu chargés, ayant un faible tirant d'eau. Un sillonn a été dragué au milieu du cours d'eau afin de rehausser la nappe en rétrécissant le lit du fleuve. Cela accélère le débit et empêche la sédimentation d'encombrer le chenal de navigation. Les cordons sont faits de graviers dont la crête est ensuite empierrée

la navigation sur le Danube, l'Elbe et le Rhin et ralenti la production d'énergie : en Espagne, les barrages hydro-électriques fonctionnaient bien en dessous de leur capacité, et en France, les centrales nucléaires ne savaient où trouver de l'eau pour refroidir leurs réacteurs. Les pertes en termes de récoltes étaient généralisées, les incendies de forêt faisaient rage et les touristes désertaient en masse les lieux de vacances, fuyant les restrictions d'eau, les paysages roussis et les températures record.

Deux ans après, le scénario se répétait, puis l'année suivante, et encore l'année d'après. Vagues de chaleur et sécheresse sévèrent sur de vastes régions de l'Europe centrale, occidentale et méridionale, les pays les plus touchés étant l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, la Croatie, l'Espagne, la France, la Hongrie, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Pologne, le Portugal, la Roumanie, le Royaume-Uni, la Slovaquie et la Suisse. C'est alors que l'Union européenne comprit que la sécheresse était devenue une caractéristique significative du paysage européen.

## Variabilité du climat ou changement climatique ?

De nombreux spécialistes sont obsédés par la question de savoir si la fréquence et l'intensité croissantes des inondations et des sécheresses en Europe peuvent être imputées à la variabilité du climat ou au changement climatique. Nul ne le sait. La surveillance pourra permettre de clore le débat, à condition qu'elle soit complète, ininterrompue et menée dans la durée, de façon à dégager des tendances.

Par chance, cette idée s'était imposée à une petite équipe de scientifiques européens dès 1985. Ils avaient fondé FRIEND afin de tirer le meilleur parti de la masse d'informations recueillies dans les années 1960 et 1970 sur des bassins représentatifs et expérimentaux de l'Europe du Nord. Depuis, FRIEND a pris la dimension d'un réseau mondial de huit groupes régionaux, dont l'UNESCO héberge le secrétariat. Plus de 145 pays participent à ce programme (voir *carte*).

Euro-FRIEND se divise en cinq groupes, dont chacun traite de plusieurs thèmes de recherche. Sur l'un de ces thèmes, les

### Coût économique de la sécheresse en Europe, 1992-2008

Année(s)	Pays ou territoire touché par la sécheresse	Coût économique (milliards d'€)
1992-1995	Espagne	> 3.7
1999	En Espagne : Andalousie, Aragon, Castille, Catalogne, Extramadour, Murcie, Valence	> 3.0
2000	Bulgarie, Allemagne, République tchèque, Grèce, Hongrie, Pologne, Roumanie, Turquie, Balkans occidentaux	> 0.5
2003	Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, République tchèque, Danemark, Espagne, France, Grèce, Hongrie, Italie, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suisse, Balkans occidentaux	> 11.6
2005	France, Portugal, Espagne, Royaume Uni	> 2.0
2006	Sud-est du Royaume-Uni	> 0.15
2007	Grèce, Moldavie et le reste de l'Europe du Sud-est	> 1.5
2008	Espagne, Portugal	0.15

Source : FRIEND



scientifiques cherchent à déterminer dans quelle mesure la gestion de l'eau, les activités humaines et les moteurs du climat influent sur la sécheresse. Ces facteurs variant d'un bassin et d'un pays à un autre, le projet dresse une carte du phénomène dans toute l'Europe, pour tenter de dégager un modèle de variabilité hydrologique de la sécheresse et améliorer ainsi la surveillance, l'information météorologique, la prévision<sup>4</sup> et l'atténuation des effets.

### L'Europe s'efforce de développer la circulation fluviale

Les recherches d'Euro-FRIEND sur la sécheresse intéressent aussi le transport des marchandises sur les cours d'eau intérieurs – fleuves et canaux. Le transport fluvial est plus fiable et plus sûr que le transport routier ou ferroviaire, tout en étant plus exposé aux aléas du débit fluvial. Il existe, bien sûr, d'autres secteurs, comme l'agriculture, l'approvisionnement en eau et l'assainissement, le tourisme et l'électricité, qui sont également sensibles aux effets du changement climatique et à la variabilité du climat. Ceci dit, nous ne nous intéressons ici qu'au cas particulier du transport intérieur par voie d'eau. L'Union européenne souhaite développer la circulation sur ses voies d'eau intérieures pour plusieurs raisons. D'une part, ce mode de transport joue déjà un rôle économique non négligeable, estimé à 10 € les 1 000 tonnes/km, contre 35 € par la route et 15 € par chemin de fer.

En outre, rééquilibrer vers la navigation intérieure le bilan des transports aiderait les Européens à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre : l'émission de dioxyde de carbone par tonne/km est inférieure à celle du transport par route et par chemin de fer.

Aujourd'hui, le transport fluvial représente 6 % des transports intérieurs de l'Union européenne. Plus de 36 000 km de voies d'eau relient des centaines de villes et de régions industrielles. Sur les 27 États membres, 18 en possèdent, dont 10 par réseaux interconnectés. Ce mode de transport joue un rôle essentiel dans toute l'Europe du Nord-Ouest mais reste peu important dans la plupart des pays de l'Europe méridionale, où les fleuves sont peu navigables.

### Les sécheresses se sont-elles accentuées ?

Fait sans précédent, en mai 2008, Barcelone et la région espagnole de la Catalogne ont importé un tanker d'eau en provenance de Marseille, autre ville de la côte méditerranéenne de la France voisine. Après des mois de pluviosité insuffisante, les réservoirs de l'Espagne étaient réduits à la moitié de leur capacité, et ceux de la Catalogne à peine au quart. Il y eut en tout six cargaisons venant de Marseille et de ports espagnols, qui coûtèrent environ 22 millions d'euros à la municipalité.

L'Espagne est en train de vivre sa pire sécheresse depuis le début des relevés, il y a 60 ans. Mais est-ce le symptôme d'un phénomène plus général ? L'Europe couvre plusieurs zones climatiques distinctes, toutes soumises à de fortes variations, même à l'intérieur de certains grands pays comme la France et l'Allemagne. Si le climat méditerranéen a des tendances chaudes et semi-arides, l'Europe centrale et l'Europe orientale ont un climat continental plus frais et humide.

Plus de 600 relevés quotidiens des débits de rivières opérés par l'Archive européenne de l'eau ont été analysés en l'an 2000



## Se réunir entre FRIENDS

FRIEND organise sa sixième conférence mondiale à la Faculté des sciences et techniques de Fez (Maroc), du 25 au 29 octobre 2010, sur le thème : Changement planétaire : faire face aux risques et aux menaces des ressources en eau.

Les auteurs sont invités à soumettre un article sur l'un des quatre thèmes de la conférence : hydro-risques ; stratégies d'adaptation ; pressions

humaines sur des ressources en eau limitées ; systèmes d'information et de surveillance de l'environnement. La date limite de remise d'un résumé de 300 mots, en anglais ou en français, est fixée au **30 septembre 2009**.

Les auteurs seront avisés avant le 31 décembre 2009 de l'acceptation ou non de leur résumé. La date limite de soumission de l'article lui-même est le 31 mars 2010.

Pour toute information et inscription (payante) : <http://typo38.unesco.org/en/about-ihp/ihp-partnersfriend.html>

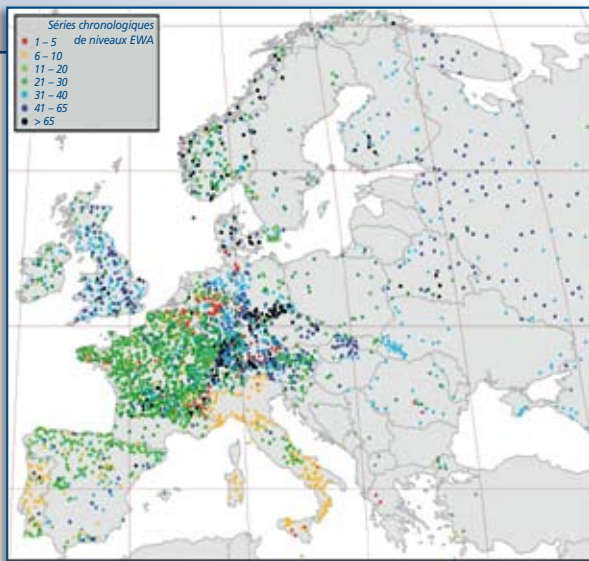
## Vers un système paneuropéen de surveillance et de prévision de la sécheresse

Les scientifiques ont mis au point une méthode novatrice pour analyser les sécheresses paneuropéennes passées. Ils comptent combien de fois le débit moyen historique d'un fleuve a été égalé ou dépassé lors d'une journée donnée. Les gestionnaires et planificateurs de l'eau estiment que cette façon d'appréhender le débit est bien plus parlante que la simple lecture d'un volume total, car elle indique immédiatement comment la montée ou la baisse du niveau d'une rivière se situe par rapport aux relevés historiques du site concerné.

On peut même désormais visualiser une série chronologique des valeurs de dépassement sur l'ensemble de l'Europe, en s'aidant simplement d'un logiciel vendu dans le commerce, qui peut donner à voir et analyser l'apparition d'une sécheresse sur une distance donnée.

La méthode du dépassement a été appliquée pour la première fois en 2000, dans le cadre du projet FRIEND pour une Évaluation de l'impact régional des sécheresses en Europe (ARIDE). L'étude avait sélectionné plus de 50 stations de jaugeage dans 17 pays, qui devaient transmettre automatiquement leurs données au système pilote : en Albanie, Allemagne, Bosnie et Herzégovine, Bulgarie, Croatie, Chypre, Italie, Jordanie, Malte, ex-République yougoslave de Macédoine, Maroc, Norvège, Portugal, Royaume-Uni, Slovaquie, Tunisie et Turquie. Leur sélection dépendait de leur capacité à mettre leurs données en ligne ; pour les pays de la Méditerranée, FRIEND utilisait un service de données en ligne créé par l'OMM, le Système méditerranéen d'observation du cycle hydrologique (Med-HYCOS).

Le projet ARIDE a prouvé qu'il serait techniquement faisable d'établir un système paneuropéen en temps quasi réel de surveillance et de prévention des sécheresses fondé sur la notion de dépassement du débit moyen et sa visualisation. Cependant, la méthode ne peut être parfaitement efficace que si les pays recueillent davantage de données spatiales et temporelles représentatives. Cela les obligera à créer de nouvelles stations de jaugeage là où elles manquent et à les surveiller régulièrement.



L'Archive européenne de l'eau est l'un des principaux produits de l'Euro-FRIEND. Cette base de données rassemble les débits quotidiens enregistrés par plus de 4 000 stations de jaugeage de 30 pays européens, dont certaines remontent à plus de 60 ans. C'est l'une des archives hydriques les plus complètes du monde

pour tenter de dégager des modifications du schéma des sécheresses dans l'ensemble de l'Europe entre 1962 et 1990. Menées par l'Euro-FRIEND dans le cadre de son projet ARIDE (voir encadré), l'étude n'a pas conclu à des modifications significatives dans la plupart des stations.

Des différences régionales marquées ont toutefois été constatées. En Espagne, ainsi que dans la partie occidentale de l'Europe de l'Est et la majeure partie du Royaume-Uni, par exemple, une tendance à l'aggravation des sécheresses a été observée. À l'inverse, de vastes régions de l'Europe centrale et la partie la plus orientale de l'Europe de l'Est ont manifesté une tendance à subir des sécheresses moins sévères qu'autrefois.

Ces tendances pourraient être en grande partie imputées à des changements régionaux du modèle de pluviosité et d'enneigement. Mais il n'est pas facile de distinguer si ces changements sont induits par l'homme, par la variation naturelle des précipitations dans le temps, ou par la conjugaison des deux. Un autre fait incite à la prudence : les schémas régionaux observés étaient fortement influencés par le choix de la période et des stations de jaugeage analysées ainsi que par les paramètres mêmes de la sécheresse. Euro-FRIEND a donc encore du travail devant lui.

### Un hiver sec annonce-t-il un été sec ?

Le Royaume-Uni avait connu sept ans de pluviosité à peu près moyenne avant que l'hiver chaud et sec de 2004–2005 ne provoquât un déficit de 40 % sur une bonne partie du centre et du sud de l'Angleterre, qui se poursuivit durant l'été. « La sécheresse était bien localisée, mais très prolongée et très sévère dans les zones les plus touchées » a précisé un porte-parole du Centre d'écologie et d'hydrologie du Royaume-Uni. Après un second hiver sec en 2005–2006, l'Office de météorologie du Royaume-Uni publia des chiffres selon lesquels les parties méridionales de l'Angleterre avaient connu les deux hivers consécutifs les plus secs depuis plus de 80 ans.

Les scientifiques ont déduit de cette expérience et de leurs propres scénarios de modifications du schéma des hautes et basses pressions atmosphériques sur le pays que la pluviosité hivernale influençait grandement l'apparition de la sécheresse dans le sud-est du Royaume-Uni.

Avaient-ils raison ? Sur la foi d'une étude novatrice qui s'est penchée sur les liens entre d'une part les systèmes de tempête, dépressions et autres forces atmosphériques balayant l'Europe et, d'autre part, les grandes sécheresses du continent, ils avaient parfaitement raison. L'étude s'appuyait sur des données de l'Archive européenne de l'eau de 1962 à 1990. Les résultats montraient que c'est après un hiver peu pluvieux et peu neigeux qu'une sécheresse avait plus de chances de se manifester plutôt que vers la fin d'un été sec.

En croisant sur un atlas électronique des scénarios de modifications de la date de survenue et de la fréquence de schémas de circulation atmosphérique bien déterminés, nous devrions désormais pouvoir modéliser la dynamique des sécheresses, et donc les prévoir. FRIEND avait porté dès 2001 ce système pilote à l'attention des gestionnaires européens de l'eau. Jusqu'ici, ils ne semblent pas, hélas, avoir adopté le réflexe de l'utiliser.

Siegfried Demuth<sup>5</sup>

Sur FRIEND :

<http://typo38.unesco.org/en/about-ihp/ihp-partners/friend.html>

L'un des produits dérivés de l'Euro-FRIEND est le Centre européen virtuel de la sécheresse, créé en 2004, service d'informations actuellement hébergé par la Norvège : [www.geo.uio.no/edu](http://www.geo.uio.no/edu)

3. [http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/scarcity\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/quantity/scarcity_en.htm)

4. La prédiction consiste à évaluer les conditions futures hors de toute référence à une période particulière, contrairement à la prévision

5. Coordinateur de FRIEND à l'UNESCO : [s.demuth@unesco.org](mailto:s.demuth@unesco.org)



# Une pincée de sel

Plutôt que de goûter l'eau de mer pour en déterminer la salinité, les océanographes électrolysent leurs échantillons d'eau pour mesurer la facilité avec laquelle l'électricité les traverse. Cette mesure de la conductivité prend en compte les électrolytes provenant des sels dissous mais pas les autres matières en présence. La méthode de la conductivité, dite « Échelle de salinité pratique » est utilisée depuis 1978. L'UNESCO l'a intégrée dans les équations de 1980 pour le calcul de la densité de l'eau de mer.

Aujourd'hui, une méthode plus précise de détermination de la « Salinité absolue » pour l'ensemble de l'océan a été élaborée et intégrée à l'Équation thermodynamique de l'eau de mer. Celle-ci sera dès 2010 la future norme océanographique, après être devenue, l'année dernière, une norme industrielle. Toute entreprise qui proposera, par exemple, de fournir de l'eau potable à des villes désertiques proches des côtes devra appliquer cette méthode de calcul dans la conception des usines de dessalement de l'eau de mer. L'équation thermodynamique permettra aussi d'affiner les modèles climatiques actuels. Le 24 juin, les experts qui ont participé, à Paris, à la 25<sup>ème</sup> Assemblée de la Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO, ont recommandé à la communauté des océanographes d'adopter sans réserve l'équation thermodynamique et d'utiliser la Salinité absolue.

« Je ne connaissais pas bien l'eau de mer il y a 20 ans » avoue Rainer Feistel du Leibniz-Institut Ostseeforschung de Warnemünde (Allemagne). Mais ce mathématicien et physicien avait une bonne maîtrise de la conservation de l'énergie, de la thermodynamique et des mathématiques des systèmes complexes. Vers la fin des années 1980, après près d'une décennie passée à Berlin, Feistel retourna vers sa région d'origine en bordure de la Baltique, et mit son talent au service de l'océanographie. Les équations qu'il découvrit au cours de ses navigations fonctionnaient très bien pour la haute mer mais devenaient incohérentes dans les régions fortement influencées par le débit des rivières, l'évaporation, les précipitations et les extrêmes de température. « Dès que vous arrivez sur des points sensibles, c'est vraiment le bazar », déclare Feistel. C'était le cas en mer Baltique. « J'ai été surpris », dit-il. Il y manquait un élément mathématique, une « fonction de Gibbs » que les physiciens avaient déterminée pour toutes sortes de fluides, sauf apparemment l'eau de mer. La fonction de Gibbs, qui doit son nom au mathématicien américain Josiah Willard Gibbs (1839–1903) définit un fluide par son énergie et sa capacité thermique, la thermodynamique.

*Une eau plus chaude que celle du dessus s'élèvera, tout comme l'air chaud d'un ballon le soulève au-dessus de l'air froid et plus dense qui l'entoure. C'est pourquoi l'eau douce des fleuves et de la pluie flotteront si la surface est calme, alors que l'eau froide ou salée s'enfoncera*



*Si les océanographes étaient capables de distinguer, au goût, les différents sels et minéraux de l'océan, ce serait bien plus facile d'analyser l'eau de mer. Un scientifique prendrait une gorgée d'un échantillon, la garderait un instant en bouche près du palais avant de la recracher et tout en léchant le reste de sel sur ses lèvres, il opinerait du chef et s'exclamerait : « Oui, oui, c'est un bon échantillon de l'Atlantique Nord No. 35 ». Mais est-ce bien sûr ? Peut-être qu'un arrière-goût de dioxyde de carbone dissout s'attarderait un moment dans sa bouche, ou bien le bout de sa langue décèlerait-il un peu de carbonate de calcium déposé comme du tartre sur ses dents ? Ces incohérences lui indiqueraient alors que cette eau n'appartenait pas au cru habituel de l'Atlantique Nord<sup>6</sup>*

## Qu'est-ce qu'un sel ?

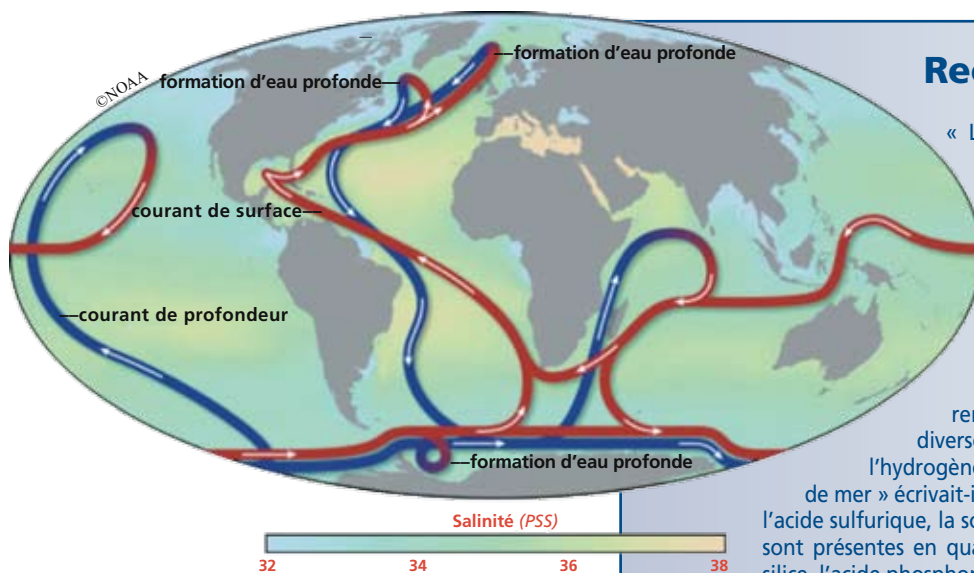
« En chimie, tout ion positif lié à un ion négatif s'appelle un sel », explique le généticien moléculaire et expert en chimiosensation (goût et odeur) Hiraoki Matsunami, de Duke University, aux États-Unis. Dans l'océan, les sels se dissolvent en ions positifs et négatifs mobiles, également appelés électrolytes. Ce sont ces particules chargées qui permettent à l'électricité de traverser l'eau. Les mêmes ions qui constituent le sel alimentaire – sodium ( $\text{Na}^+$ ) et chlorure ( $\text{Cl}^-$ ) – représentent plus de 86 % du poids des 11 principaux ions de la mer et lui donnent son goût salé. Sous leur forme sèche, ils constituent le sel de table dont on saupoudre la nourriture.

Après le chlorure et le sodium, les ions les plus communs de l'océan sont le sulfate ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Quel goût aurait l'océan si ces ions étaient plus nombreux ? « J'ai goûté du sulfate de magnésium, il était très déplaisant, mais je ne dirais pas qu'il était amer » dit Matsunami de cet ingrédient des sels de bain.

Pendant un siècle, les océanographes ont calculé la salinité en se fondant essentiellement sur le dosage de l'ion salin le plus commun : l'ion chlore (voir encadré sur page suivante).

## Les lacunes de la méthode de conductivité

La méthode de conductivité établie en 1978 améliorait la précision des mesures en dépistant tous les ions de la mer et non pas le seul chlorure. Mais pour calculer la salinité à partir de la conductivité, par opposition à l'ancienne analyse chimique, il fallait sacrifier la définition de la salinité. Car la conductivité



Cette carte indique l'équivalence des parties de sel par milliers de parties d'eau dans les océans mondiaux, selon l'Échelle de salinité pratique. Elle montre également le chemin emprunté par le tapis roulant de l'océan, les courants chauds de surface apparaissant en rouge. Ce tapis roulant est actionné par les différences de densité de l'eau de mer

ne mesure que les ions libres, les électrolytes, ces sels dissous que l'on trouve dans les boissons énergétiques. En réalité, toute matière non conductrice dissoute, comme le dioxyde de silicium et le dioxyde de carbone, « est tout simplement ignorée », pour ce qui est de la salinité pratique, remarque Finkiel.

La mer Baltique est un excellent exemple d'une eau ayant une composition insolite, très éloignée de la norme de l'Atlantique Nord. Elle contient des électrolytes qui conduisent l'électricité, sans toutefois être du chlorure de sodium typique. En se jetant dans la Baltique, les immenses fleuves de Pologne et de Russie lui apportent du carbonate de calcium dissous ( $\text{CaCO}_3$ ) provenant du calcaire de leurs lits. Lorsqu'il se dissout, le  $\text{CaCO}_3$  se dissocie en ions conducteurs  $\text{Ca}^{2+}$  et  $\text{CO}_3^{2-}$ . Ces ions préfèrent être liés entre eux mais, à défaut, ils se lient souvent à d'autres molécules flottant dans l'eau, ce qui modifie la masse des molécules et met à mal les mesures de conductivité.

### Le passage à la Salinité absolue

La réévaluation réalisée par Feistel des équations de 1980 dotait l'eau de mer d'une fonction de Gibbs. Les équations mathématiques précédentes pour déterminer les propriétés de l'eau de mer ne prenaient pas en compte la capacité de l'eau à transférer de la chaleur depuis les courants chauds vers les courants froids. Elles ne proposaient pas, non plus, de normes pour comparer le degré de difficulté d'un tel transfert d'énergie face à la pression et au volume inhérents à l'eau. L'équation thermodynamique de l'eau de mer assimile toutes celles qui l'ont précédée et recrache un nouveau paquet d'algorithmes numériques dont les modélisateurs raffolent.

## Recherches sur la salinité

« La composition chimique de l'eau de mer n'est pas connue avec précision à l'heure actuelle » déclare Frank Millero de la Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Science de l'Université de Miami, en Floride (États-Unis). Ce n'est pas faute d'avoir essayé. Voilà plus de 150 ans que les spécialistes des sciences de la mer cherchent la « formule magique » de la mesure de la salinité.

Dès 1865, l'expert danois en géochimie marine, Georg Forchhammer, découvrait 27 substances différentes dans l'eau de mer qu'il échantillonnait dans diverses régions de l'océan. « Après le chlore, l'oxygène et l'hydrogène, le sodium est l'élément le plus abondant dans l'eau de mer » écrivait-il. Parmi les autres substances importantes se trouvaient l'acide sulfurique, la soude, la potasse, la chaux et le magnésium. « Celles qui sont présentes en quantité moindre mais tout de même décelable sont la silice, l'acide phosphorique, l'acide carbonique et l'oxyde de fer » concluait-il. Ses tableaux furent utilisés jusqu'à 1902, où l'océanographe danois Martin Knudsen filtra et distilla de l'eau de l'Atlantique Nord comme norme pour l'eau de mer, que tout scientifique pouvait employer pour étalonner facilement ses instruments et comparer à une référence les échantillons du monde entier.

Dans les années 1930, l'introduction d'instruments capables de mesurer la conductivité électrique de l'eau de mer mit en émoi les marins pour décider laquelle, de l'analyse chimique ou de la nouvelle analyse physique, était la plus à même de mesurer la salinité. C'est la conductivité qui gagna et, vers le milieu des années 1950, mettre à l'eau une rosette d'éprouvettes équipées d'enregistreurs de conductivité, de température et de profondeur (CTDs) commençait à faire partie intégrante des expéditions océanographiques. Par souci d'uniformité, une norme internationale fut établie pour l'eau de mer en 1978, permettant aux océanographes de comparer la conductivité sur une Échelle de salinité pratique.

À la différence de cette échelle, qui ne prend en compte que les ions, la nouvelle Salinité absolue intégrera les non-électrolytes à l'aide de tables prenant en compte les variations de ces substances d'une région à l'autre. Là aussi, la latitude et la longitude de prise des échantillons d'eau de mer joueront un rôle important dans le calcul de la salinité.

En 2010, l'algorithme pour mesurer la salinité va, pour la première fois, prendre en compte d'autres éléments que les ions dans la conversion de la conductivité. Feistel et Millero, qui a lui-même travaillé à l'équation de l'eau de mer de 1980, collaborèrent à l'avènement du changement. Ils travaillèrent avec le modélisateur Trevor McDougall, du Centre australien de recherche sur la météorologie et le climat, de Hobart, comme membres d'une équipe internationale instituée en 2005 par le Comité scientifique de la recherche océanique et par l'Association internationale des sciences physiques de l'océan. Ils intègrent actuellement la localisation des mesures de conductivité aux analyses chimiques provenant de ces régions dans le calcul de la Salinité absolue. L'équipe a en outre redéfini la manière de calculer les propriétés de l'eau de mer par la méthode de la Salinité absolue associée aux principes de la thermodynamique, de façon à former une nouvelle équation thermodynamique unique pour toute l'eau de mer.

### S'assurer qu'un modèle climatique vaille son pesant de sel

Les propriétés fondamentales de l'eau de mer – salinité, température et pression, ainsi que points de congélation et d'ébullition, capacité thermique, vitesse de propagation du son et



densité – sont intimement liées entre elles. Il est important de pouvoir mesurer la salinité, car son taux est un indicateur du changement climatique. Il révèle la quantité d'eau douce qui s'évapore des océans. Il semble, par exemple, que la salinité de certaines parties de l'Atlantique soit en augmentation. Cela pourrait signifier que la chaleur piégée par une concentration accrue de CO<sub>2</sub> dans la haute atmosphère provoque une évaporation croissante, qui abandonne davantage de sel derrière elle.

En second lieu, le taux de salinité joue sur la densité de l'eau. Cette dernière détermine notamment si un courant montera vers la surface ou plongera vers le fond, car plus l'eau de mer est dense, plus elle plonge profond. La densité dépend de la température, de la pression et de la quantité des matières dissoutes dans l'eau. Connaître la densité de l'eau de mer est indispensable pour surveiller le climat de la Terre. L'océan transporte de la chaleur par la voie des courants – organisés en une sorte de tapis roulant – selon un procédé dénommé circulation thermohaline. Dans les océans Arctique et Antarctique, les eaux froides et salées plongent pour constituer des courants profonds. Pendant des milliers d'années, ces courants font le tour du monde jusqu'à atteindre des zones de remontées d'eaux froides qui les ramènent à la surface. Là, les courants réchauffés par le soleil et rafraîchis par la pluie retournent vers les pôles, où la formation de glace permet au cycle de se poursuivre. Une arrivée massive d'eau douce, comme celle qui proviendrait de la fonte des calottes polaires, pourrait empêcher l'eau de surface de plonger et ralentir ou même arrêter le tapis roulant de l'océan, en provoquant des bouleversements dans le climat de la Terre. « Pour qu'un modèle climatique vaille son pesant de sel, nous devons être en mesure de savoir si l'eau chaude monte et l'eau froide descend, ainsi que l'ampleur et la

rapidité de ces mouvements », remarque Keith Alverson, qui dirige la section des observations et services océaniques de la COI de l'UNESCO.

Les modalités de la circulation océanique sont régies par plusieurs facteurs : le vent, la pluie, la topographie du fond marin, l'état des eaux environnantes, ainsi que la Lune et la rotation de la Terre. Les modèles de circulation intègrent tous ces facteurs, et il faut plusieurs semaines pour préparer les algorithmes numériques qui produisent les modèles.

Quant aux modèles du changement climatique, qui intègrent la capacité de l'océan à transporter de la chaleur, ils prennent encore plus de temps. « Décider quel modèle fonctionne le mieux, savoir ce qui concorde avec les archives du climat de la Terre, puis forcer le modèle à anticiper d'un siècle ou deux, cela peut prendre presque un an », déclare McDougall. Pour intégrer dans l'équation de salinité les non-électrolytes, puis unifier les diverses autres équations calculant les différentes propriétés de l'eau de mer, l'équipe de McDougall s'est fiée aux théories de Josiah Gibbs. Elle combine la théorie du 19<sup>ème</sup> siècle et les algorithmes numériques du 21<sup>ème</sup> siècle.

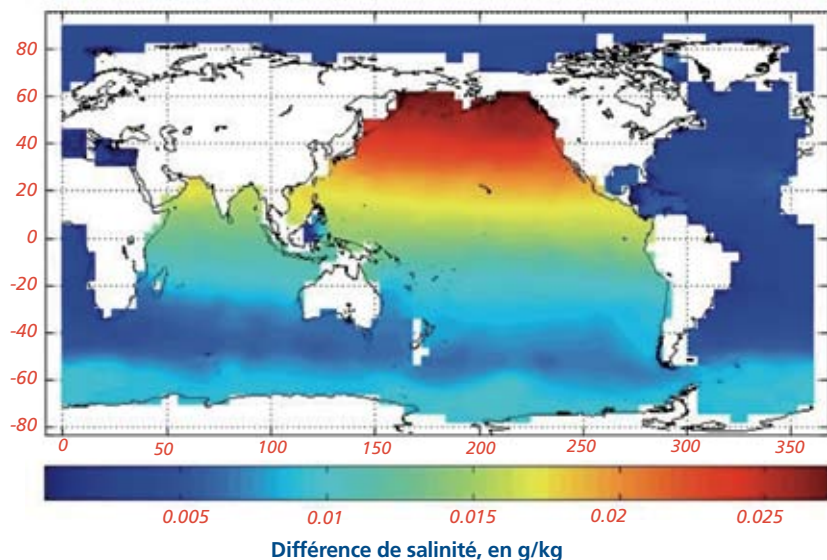
D'après ce qu'ils ont déjà réalisé à ce jour, McDougall estime que la nouvelle équation indiquera un changement de 3 % dans la façon dont l'océan redistribue la chaleur depuis l'équateur vers les pôles. L'autre changement qu'il observe est une différence de 0,5° C dans la température de surface du Pacifique équatorial, tant à l'est qu'à l'ouest. Au large du Pérou, les alizés éloignent du rivage l'eau chaude de surface, qui est remplacée par des remontées d'eaux profondes, froides et riches en nutriments. L'eau chaude s'accumule plus à l'ouest et réchauffe l'air qui la surplombe, ce qui augmente la pluviosité en Indonésie.

Pendant les années El Niño, l'affaiblissement des alizés permet aux eaux chaudes, appauvries en nutriments, de rester plus près du rivage péruvien. Les vents ne poussent alors plus la pluie au-delà du Pacifique central, et l'Indonésie connaît des sécheresses.

La nouvelle équation thermodynamique de l'eau de mer permet aux modèles de mieux prendre en compte les changements de densité et de transfert de chaleur dus à une chute de pluie à la surface de la Terre. « Le principal objectif de ces travaux est de rendre ces modèles aussi précis que possible » conclut McDougall.

Christina Reed<sup>7</sup>

Pour en savoir plus : <http://www.ioc-unesco.org/> ; [k.alverson@unesco.org](mailto:k.alverson@unesco.org)



Avec l'aimable autorisation de : Trevor McDougall et David Jacket, CSIRO, Australie

Cette carte montre les zones où la mesure de salinité est le plus visiblement modifiée par la nouvelle méthode de Salinité absolue (exprimée en grammes de matière dissoute par kilogramme d'eau). À la différence de l'Échelle de salinité pratique, la Salinité absolue prend en compte toutes les matières dissoutes et non uniquement les sels. Le couleur rouge foncé correspond au supplément de dioxyde de silicium présent dans cette région du Pacifique, qui n'était pas décelé par l'Échelle de salinité pratique. Le bleu foncé indique peu ou pas du tout de changement

6. L'eau de l'Atlantique Nord, d'une salinité de 35 parties pour mille, a toujours servi de référence pour étalonner les échantillons d'eau. Elle se compose principalement de chlorure de sodium
7. Journaliste scientifique free lance collaborant avec la COI de l'UNESCO. Auteure de Marine Science : Decade by Decade (2009), qui retrace l'histoire de l'océanographie du 20<sup>e</sup> siècle : [c.reed@unesco.org](mailto:c.reed@unesco.org)



## Agenda

### 23 juin – 22 novembre

**Cosmos : jusqu'au confins de l'Univers**  
Expo. Palais de la découverte. Paris.

### 29 juin – 10 juillet

**Invisible univers** : Matière sombre et énergie noire  
Expo (29 juin – 10 juillet), symposium (29 juin – 3 juillet), colloque public (6-10 juillet). UNESCO Paris : [www.unesco.org/iya2009](http://www.unesco.org/iya2009)

### 6-7 juillet

**Réduire les effets des séismes**  
Atelier plate-forme internat./UNESCO, invitant les pouvoirs locaux à partager les leçons du passé et envisager l'avenir. Istanbul (Turquie) : [t.imamura@unesco.org](mailto:t.imamura@unesco.org)

### 6-13 juillet

**Réserves de biosphère en Ibéro-Amérique**  
Séminaire internat. Îles Galapagos (Équateur) : [m.clusener-godt@unesco.org](mailto:m.clusener-godt@unesco.org)

### 7-8 juillet

**Le droit à l'eau**  
Réunion d'experts hydrologues et juristes, co-organisé par le programme PCCP de l'UNESCO et le Centre basque UNESCO (Etxea), avec participation du WWAP : UNESCO Paris : [L.salame@unesco.org](mailto:L.salame@unesco.org); [www2.ohchr.org/english/issues/water/iaexpert/index.htm](http://www2.ohchr.org/english/issues/water/iaexpert/index.htm) [mancisidor@unescoeh.org](mailto:mancisidor@unescoeh.org);

### 12-18 juillet

**Relativité générale et gravitation**  
12<sup>e</sup> réunion Marcel Grossmann. Examen des progrès de l'expérimentation sur la théorie de la gravitation d'Einstein. UNESCO Paris : [www.icra.it/MG/mg12/en/welcom.htm](http://www.icra.it/MG/mg12/en/welcom.htm)

### 17-26 juillet

**Astronomie et patrimoine mondial**  
Camp d'été pour 16-20 ans de tous pays. Observation d'éclipse solaire et visite au site du Patrimoine mondial de Suzhou (Chine) : [whitr\\_suzhou@yahoo.com](mailto:whitr_suzhou@yahoo.com)

### 27-29 juillet

**Éducation relative au changement climatique**  
Son intégration dans les programmes scolaires, notamment dans les petits États insulaires. Séminaire internat. UNESCO/gouv. du Danemark. UNESCO Paris : [h.aarup@unesco.org](mailto:h.aarup@unesco.org); [p.dogse@unesco.org](mailto:p.dogse@unesco.org)

### 5-7 août

**Politiques de STI en Amérique latine et aux Caraïbes : vers un nouveau contrat social pour la science** – 2<sup>e</sup> Forum pour préparer le Forum mondial sur la science (nov. 2009) 10 ans après la Conf. mondiale sur la science. Parrainé par le ministère argentin de STI : Buenos Aires : [www.unesco.org.uy](http://www.unesco.org.uy); [glemarchand@unesco.org.uy](mailto:glemarchand@unesco.org.uy)

### 20 août

**Partager une ressource d'eau invisible**  
Séminaire PHI de l'UNESCO proposant aux pays des démarches pratiques pour recourir à la résolution de l'ONU (2008) sur la Loi des aquifères transfrontaliers. Stockholm (Suède) : [www.worldwaterweek.org](http://www.worldwaterweek.org)

### 7-11 septembre

**Du Big Bang à la civilisation**  
2<sup>e</sup> école ibéro-américaine d'astrobiologie. Rapprocher les étudiants et les scientifiques. Université de la République/UNESCO Montevideo (Uruguay) : [glemarchand@unesco.org.uy](mailto:glemarchand@unesco.org.uy) [www.astronomia.edu.uy/astrobiologia2009/](http://www.astronomia.edu.uy/astrobiologia2009/)

### 14-18 septembre

**Géoparc européens**  
8<sup>e</sup> conf. biennale. Ouverte aux scientifiques, non-scientifiques, agences de tourisme, politiciens. Géoparc Naturtejo (Portugal) : [m.patzak@unesco.org](mailto:m.patzak@unesco.org); [www.naturtejo.com/contendous/en/home.php](http://www.naturtejo.com/contendous/en/home.php)

### 21-25 septembre

**OceanObs'09**  
Conf. parrainée par la COI de l'UNESCO sur l'information océanique pour la société : faire durer les bienfaits, exploiter le potentiel. Une décennie du système d'observation de l'océan. Venise (Italie) : (Italy) : [info@oceanobs09.net](mailto:info@oceanobs09.net)

## Nuits d'observation des étoiles

### 17 juillet – 24 août

**Étoiles filantes**  
Visibles dans le monde entier à l'œil nu, idéal après le 12 août par nouvelle lune.

### 22 juillet

**Plus longue éclipse totale de soleil du siècle** (6 min. 39 sec.)  
Visible au Bhoutan, en Chine, en Inde, au Japon, au Népal.

### 14 août

**Jupiter s'approche de la Terre**  
Visible toute la nuit, partout, au télescope.

### 17 août

**Neptune s'approche de la Terre**  
Visible toute la nuit, partout, au télescope.

### 17 septembre

**Uranus s'approche de la Terre**  
Visible toute la nuit, partout, au télescope.

### 6 octobre

**Distance maximale entre Mercure et le Soleil (18 °)**  
Visible avant le lever du soleil, partout, à l'œil nu.

### 23-24 octobre

**50 ans d'astronomie**  
L'UAI organise des manifestations publiques pour observer au télescope ce que Galilée vit il y a 400 ans : les quatre lunes de Jupiter.

### décembre

**Le meilleur moment pour observer Mars**  
Visible partout, tout le mois, à l'œil nu.

### 14 décembre

**Étoiles filantes**  
Visibles partout, à l'œil nu.

### 31 décembre

**Éclipse partielle de Lune**  
Visible à l'œil nu en début de soirée en Afrique, Asie et Europe, lorsque la Lune passera dans l'ombre de la Terre : 17h15-21h30

Pour d'autres rendez-vous : [www.astronomie2009.fr](http://www.astronomie2009.fr)

## Erratum

Dans l'éditorial de *Planète Science* (avril 2009), il fallait lire que l'augmentation de la consommation de viande par les Chinois nécessiterait 390 km<sup>3</sup> d'eau en plus (et non 390 m<sup>3</sup>).

## Vient de paraître

### Risk and Poverty in a Changing Climate Invest Today for a Safer Tomorrow

Premier rapport biennal mondial d'évaluation de la réduction des risques de catastrophes, ISBN/ISSN: 9789211320282, en anglais, 207 p. (voir p.11)

### Biofuels and Environmental Impacts

#### Scientific Analysis and Implications for Sustainability

Collection UNESCO-SCOPE-UNEP Policy Briefs, 9. En anglais, 6 p.  
Résumé des conclusions du projet international sur les biocarburants lancé par le Comité scientifique sur les problèmes de l'environnement (SCOPE) qui analyse les avantages et les problèmes des biocarburants en usage, ainsi que leur potentiel.

### Global Open Oceans and Deep-Seabed (GOODS)

#### Biogeographic Classification

J. Vierros et al. COI et MAB de l'UNESCO. Collection techn. de la COI n° 84. Anglais, 88 p.  
À peine 0,6 % des océans et 6 % des eaux territoriales sont protégés. Le classement biogéographique des espèces et des habitats nous aidera à comprendre leur distribution, pour les besoins de la recherche scientifique, de la conservation et de la gestion. Ouvrage réalisé par un groupe d'experts. Mis à la disposition de la CDB et du groupe de travail spécial informel et ouvert des Nations Unies qui étudie les questions de conservation et d'utilisation durable de la diversité biologique marine au-delà des zones de juridiction nationale.  
Pour télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001824/182451e.pdf>

### Urban Water Security Managing Risks

Blanca Jiménez et Joan Rose. Produit du projet PHI de l'UNESCO-PHI. Éditions UNESCO/Taylor & Francis, ISBN 978-92-3-104063-4, en anglais, €42, 348 p.  
La contamination microbiologique et chimique des eaux urbaines et l'apparition de maladies véhiculées par l'eau sont dues principalement à la mauvaise qualité de l'eau et de l'assainissement ainsi qu'au déversement d'eaux usées industrielles ou domestiques non (ou insuffisamment) traitées. Le changement climatique aggrave ces problèmes.

### Museum International

#### Patrimoine culturel subaquatique

Isabelle Vinson (éd.) Périodique, Volume 60, n° 4, 2008, Éditions UNESCO/Blackwell, N° 240, €24, ISSN: 1350-0775. En anglais et en français, 112 p.  
L'ouvrage fait le point sur les innovations technologiques pour la conservation des objets submergés en privilégiant le maintien sur place. Il met en garde contre les dangers d'exploitation commerciale du patrimoine culturel subaquatique. Voir *Planète Science* d'avril 2009.



### Patrimoine mondial

#### Patrimoine géologique : passé et avenir en commun

Périodique, No 52, Éditions UNESCO/Pressgroup, €5,00  
ISBN: 92-3-1WH005-2. En anglais, français et espagnol, 116 p.  
Contribution à l'Année internationale de la planète Terre. De nombreux sites du Patrimoine mondial hébergent des volcans.

D'autres ont des paysages karstiques spectaculaires, comme les Grottes de Škocjan (Slovénie) et le karst de Chine du Sud, sans oublier sites fossiles et géoparc nationaux du Réseau mondial des géoparc de l'UNESCO.

### Learning and Knowing in Indigenous Societies

P. Bates, M. Chuba, S. Kube, D. Nakashima (éditeurs). LINKS et Section du Patrimoine immatériel à l'UNESCO. En anglais, 128 p.

Louables efforts pour intégrer les savoirs et les langues locales dans les programmes éducatifs, mais l'équilibre entre les différentes formes du savoir reste délicat. Études de cas : Botswana, Indonésie, Namibie, Venezuela, etc.; [p.bates@unesco.org](mailto:p.bates@unesco.org)  
Pour télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001807/180754e.pdf>;

### Atlas mondial des grands singes et leur conservation

J. Caldecott et L. Miles (éditeurs). Produit par l'UNESCO-MAB avec le PNUE et le Muséum national français d'histoire naturelle ; participation financière de la France. Édition en français de l'Atlas publié en anglais en 2005 par le PNUE. ISBN: 978-92-3-204098-5, 492 p. (voir p. 14)

### Soixante ans de science à l'UNESCO : 1945-2005

Produit par le Secteur des sciences exactes et naturelles. Édition française de l'ouvrage publié en anglais en 2006. Éditions UNESCO, ISBN 978-92-3-204005-3, €30

### East Asian Biosphere Reserve Network

Produit par le MAB de l'UNESCO, en anglais, 12 p.  
Comment les réserves de biosphère de Chine, Japon, RPD de Corée, Mongolie et Russie (également membre de l'Euro-MAB) coopèrent sur trois priorités : écotourisme, conservation et coopération transfrontalière. Pour télécharger : <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001825/182543e.pdf>

### Science Programme Activities in Africa (2008-2009)

Produit par le Bureau Régional de l'UNESCO pour la science (Nairobi, Kenya), en anglais, 76 p.  
Décrit les activités de l'UNESCO en Afrique. Pour télécharger : [a.oachanda@unesco.org](mailto:a.oachanda@unesco.org) ; <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001817/181746e.pdf>