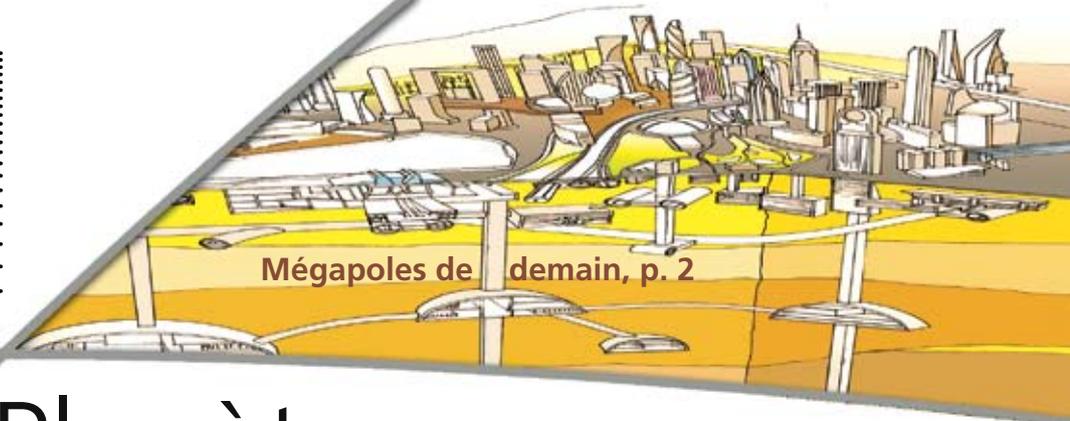




Organisation  
des Nations Unies  
pour l'éducation,  
la science et la culture



# Planète

# SCIENCE

Bulletin trimestriel  
d'information sur les  
sciences exactes et naturelles

Vol. 6, No. 4  
Octobre-décembre 2008

## SOMMAIRE

### PLEINS FEUX SUR ...

2 Mégapoles de demain

### ACTUALITÉS

- 11 Le Bénin accueille  
le Campus virtuel africain
- 11 L'UNESCO siège désormais  
au CMAST
- 12 Le maître d'œuvre d'un institut de  
biologie moléculaire récompensé
- 12 UNCLOS laisse aux pays le temps  
de souffler
- 13 Kanawinka rejoint le réseau  
mondial des géoparcs
- 13 Début du projet européen sur  
l'acidification de l'océan
- 14 Coup d'envoi de GRAPHIC-Afrique
- 14 Des merveilles géologiques  
rejoignent le Patrimoine mondial

### INTERVIEW

15 Patricia Glibert explique pourquoi  
les scientifiques s'élèvent contre la  
fertilisation de l'océan par l'urée

### HORIZONS

- 17 Le savoir des Mayangnas  
au cœur de la Mésoamérique
- 20 Un paradis géotropical

### EN BREF

- 24 Agenda
- 24 Vient de paraître

## ÉDITORIAL

### Pas de **taille unique** pour tous

**Du** 15 au 18 septembre, les populations autochtones ont occupé le devant de la scène à l'UNESCO. Le siège de l'Organisation à Paris recevait à la fois la première visite officielle du Forum permanent de l'ONU sur les questions autochtones et la réunion annuelle du Groupe de soutien inter-agences sur les populations autochtones, auxquelles participaient 20 agences et programmes des Nations unies. Un an après l'adoption historique de la *Déclaration des droits des populations autochtones* par l'Assemblée générale de l'ONU, le Groupe de soutien était à Paris pour délibérer sur un véritable défi, à savoir comment intégrer au développement la culture et l'identité.

Défi est le mot exact, car la dimension culturelle n'occupe encore qu'un strapontin dans la planification et la mise en œuvre du développement. La ruée pour atteindre d'ici 2015 les Objectifs du millénaire pour le développement (OMD) sert d'argument à ceux qui défendent le principe d'une « taille unique », ce que les communautés Mayangna de la Réserve de biosphère de Bosawas découvrent aujourd'hui à leurs dépens.

Agriculteurs sur brûlis, chasseurs et pêcheurs, les Mayangna vivent au cœur du Couloir biologique mésoaméricain. Comme nous le verrons dans ce numéro, ce sont d'incomparables connaisseurs de l'écologie de leurs territoires ainsi que d'intrépides défenseurs de la forêt pluviale qui constitue leur lieu de vie. Mais les succès obtenus jusqu'ici pour mettre fin au déboisement sur les marges de leurs territoires risquent d'être de courte durée si les efforts actuels de développement se poursuivent.

Dénoté Zéro faim, le programme national de développement vise à aider les ruraux nicaraguayens. Malheureusement, avec les meilleures intentions, il envoie des vaches, cochons et poulets même au fond des territoires Mayangna afin d'y créer des fermes modèles. Outre le casse-tête logistique du transport de bétail par camions et bateaux vers des localités reculées et l'incompatibilité de ces animaux avec la vie en forêt tropicale – beaucoup n'y ont pas survécu – le programme encourage l'abattage des arbres dans l'aire centrale de la Réserve de biosphère et le cœur du Couloir mésoaméricain, afin d'y créer des pâturages.

Triste paradoxe ! Au nom de la sécurité alimentaire, ce programme de développement encourage le déboisement et compromet ainsi un autre OMD, la préservation de l'environnement. Par ailleurs, il pousse les Mayangna à abandonner un mode de vie qui entretient depuis des siècles leur culture et ce fragile écosystème.

Des efforts aussi malencontreux sont à l'œuvre partout dans le monde, là où le développement persiste à vouloir ignorer les besoins spécifiques de groupes minoritaires ou autochtones. Désireux d'intégrer la culture et l'identité dans le développement, le Groupe de soutien inter-agences a rédigé les *Lignes directrices du Groupe des Nations Unies pour le développement sur les questions autochtones*, distribuées en février 2008 aux Équipes de pays des Nations Unies. Son message est clair : tenir compte scrupuleusement des opinions des autochtones est la condition sine qua non pour que le développement se fasse au profit et non au détriment de ceux qu'il est censé servir, comme les Mayangna.

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

# Mégapoles de demain

La moitié de l'humanité vit désormais dans une ville, et pour près d'un citadin sur dix, dans une mégapole. Il y a trente ans, seules trois villes, Mexico, New York et Tokyo, comptaient 10 millions d'habitants ou davantage, définition de la mégapole. Aujourd'hui, 17 villes ont rejoint leurs rangs, et d'autres encore s'approchent de ce seuil.

Des villes aussi éloignées les unes des autres que Djakarta, Lagos, Manille, Mumbai, Bangkok, New York, Osaka-Kobe, Rio de Janeiro, São Paulo et Shanghai ont au moins un point commun : elles sont concentrées sur d'étroites bandes littorales. Pour d'autres, leurs tentatives d'expansion se heurtent à des obstacles naturels comme chaînes de montagne, volcans ou lignes de faille, ou bien au développement indispensable d'une agriculture périurbaine et de ceintures vertes.

Les mégapoles se sentent de plus en plus à l'étroit, et le prix des terrains y atteint des sommets. Le jour viendra où elles seront forcées d'utiliser plus rationnellement l'espace dont elles disposent. Les architectes voudront de plus en plus construire non seulement en hauteur mais aussi en profondeur. C'est plus coûteux à court terme mais bien plus durable à long terme. Planifier la mégapole de demain, l'un des dix thèmes de l'Année internationale de la planète Terre, exigera la capacité de se projeter dans l'avenir. Toute la science des géoscientifiques et des géographes sera nécessaire pour faire en sorte que la vie dans les mégapoles de demain soit confortable, durable et sûre.



Une ville de l'an 2100 imaginée par un artiste

Image: Eduardo de Miller and Rod Severi

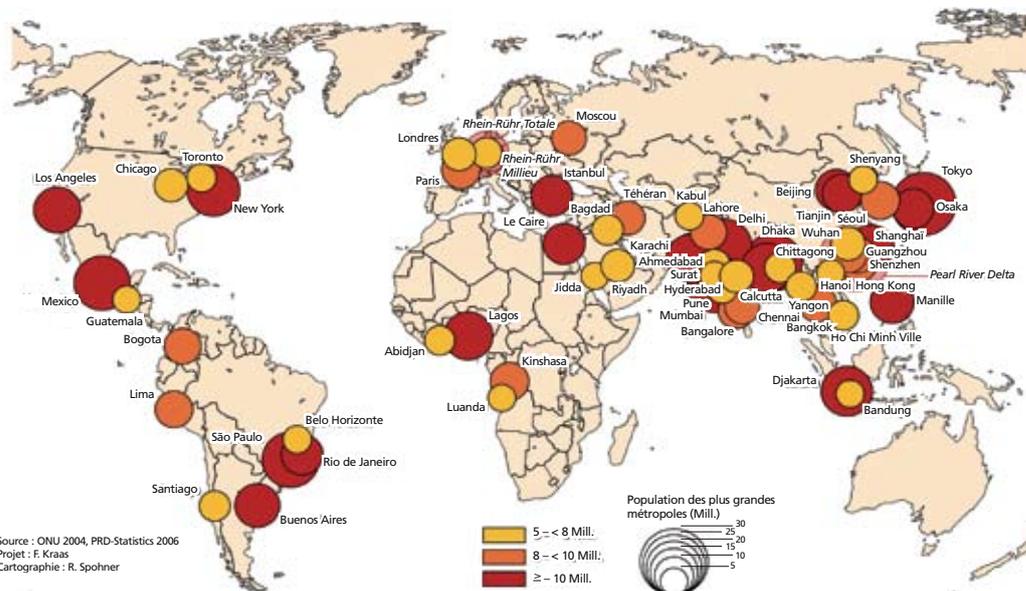
Les Nations unies prévoient, dans leur scénario moyen, que 9,2 milliards de personnes vivront sur notre planète d'ici 2050. La population devrait ensuite rester plus ou moins constante jusqu'à 2300 au moins. De 2010 à 2030, pratiquement tout l'accroissement de la population se concentrera dans les villes.

D'ores et déjà, la « mégapolisation » accentue la compétition pour l'espace, notamment dans le coûteux centre-ville, où prolifèrent les gratte-ciels. Il n'est pas toujours facile d'étendre la construction vers l'extérieur, car elle se heurte à des limites physiques telles que la mer ou la montagne. Les villes peuvent évidemment creuser des tunnels sous la montagne, mais cela exige une savante ingénierie. Elles peuvent aussi pousser leurs limites vers la mer en asséchant des terres, mais cela risque de

modifier le système des courants marins et de produire, un peu plus loin, une érosion des côtes.

Sans compter que tous les sites ne se prêtent pas à la construction, comme l'a découvert à ses dépens la ville japonaise de Kobe. Pendant le terrible séisme de janvier 1995, la plupart des dommages ont affecté le centre-ville, construit sur une roche peu résistante, et sur des terres du port gagnées sur la mer. Sous l'effet des secousses, le terrain liquéfié s'est transformé en boue, et les bâtiments ont basculé. L'épicentre du séisme se situait à peine à 20 km au sud-ouest de la ville.

Parmi les sites à considérer comme inconstructibles, citons donc ceux qui avoisinent les lignes de faille, mais aussi les



Les plus grandes métropoles d'aujourd'hui. De 2005 à 2030, les Nations unies prévoient une croissance particulièrement rapide, qui atteindra en moyenne 2,2 % par an, dans les zones urbaines des régions les moins développées. À la fin des années 2030, l'Asie viendra en tête et l'Afrique en second pour le nombre de citadins : près de sept citadins sur dix seront soit africains soit asiatiques. Déjà très urbanisée (à 77 % en 2005), l'Amérique latine comptera probablement 84 % de citadins en 2030. Les villes qui devraient dépasser les 8 millions d'habitants d'ici 2015 sont notamment Chennai (Inde), Téhéran (Iran), Wuhan (Chine), Kinshasa (RDC), Lahore (Pakistan) et Lima (Pérou). La croissance démographique sera la plus rapide entre 2010 et 2015 à Kinshasa (4,2 % en moyenne annuelle), Lahore (2,8 %) et Chennai (1,9 %). Quant aux populations de Londres (8,5 millions), Paris (9,8 millions) et Séoul (9,5 millions), elles devraient rester stables

Source : ONU 2004, PRD-Statistics 2006  
Projet : F. Kraus  
Cartographie : R. Spohner

plaines d'inondation, les terrains à risque de subsidence et les pentes instables. La présence de géoscientifiques est indispensable pour évaluer les qualités d'un chantier de construction dès les premières étapes de la planification, et si possible dès la sélection du site. Ces experts peuvent également participer à l'identification d'un terrain approprié dans le cadre plus large d'un plan directeur d'occupation des sols.

Du point de vue géologique, les meilleurs emplacements (et les moins coûteux) pour y construire des villes sont ceux où affleure une roche dure (le substrat rocheux), comme à Helsinki (Finlande) et dans une partie de Paris (France), à Hong Kong (Chine) et à Madrid (Espagne). Le site devrait avoir une élévation d'au moins 15 m au-dessus du niveau de la mer, avec de l'eau douce souterraine abondante et une recharge satisfaisante. Il va sans dire qu'il devrait être bien éloigné des grandes zones sismiques et volcaniques.

Beaucoup de villes anciennes ont évidemment « hérité » de leur emplacement. Lorsque, au cours des siècles, des obstacles naturels ont fait obstacle à leur expansion, elles ont été forcées de construire en hauteur, comme à New York.

### Descendre sous terre

L'espace constructible se réduit, même pour les gratte-ciels. Aussi, la population urbaine, surtout dans les pays les plus industrialisés, devra passer davantage de temps en sous-sol. À Séoul (Rép. de Corée) ou Montréal (Canada), une grande partie de la population passe déjà plusieurs heures par jour dans des centres commerciaux et des bureaux souterrains spacieux et lumineux.

L'extension de l'espace urbain souterrain va être facilitée par des techniques d'excavation et de forage devenues moins coûteuses, plus sûres et rapides, assistées par des modèles

perfectionnés du sous-sol en trois dimensions (3D). Avant la seconde moitié du siècle, l'aménagement du sous-sol pourra constituer l'une des grandes tendances du développement urbain. Cela ne signifie pas que la population vivra dans des appartements souterrains, mais il est parfaitement envisageable que plus d'un citoyen sur quatre travaille, se déplace et passe ses loisirs sous terre avant la fin du siècle.

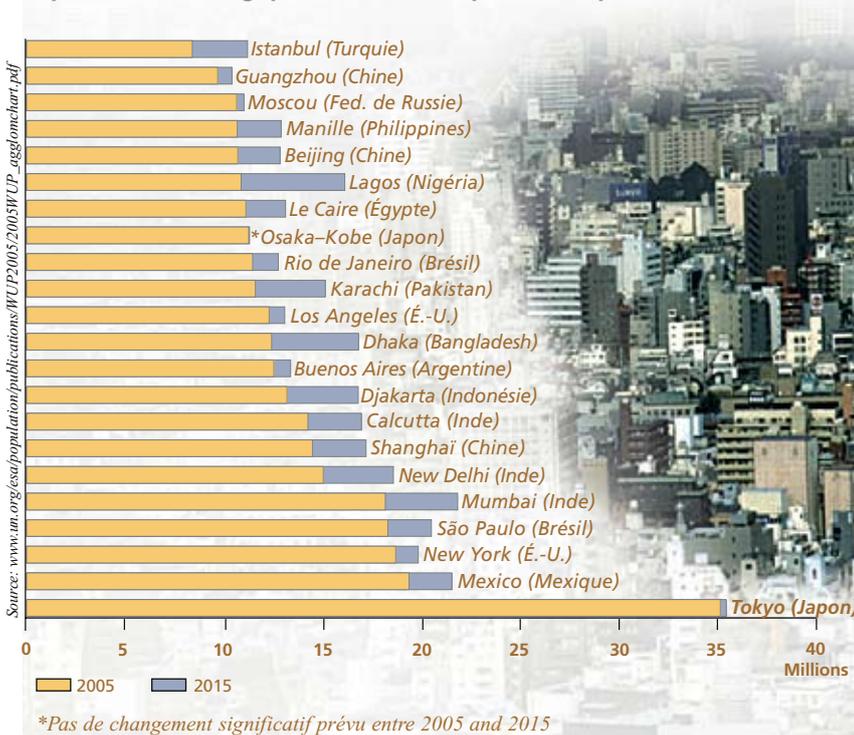
En fait, la construction en sous-sol n'est pas une nouveauté. Dans l'Irak d'il y a 14 siècles, les premiers colons arabes ont construit sous terre des maisons atteignant trois étages pour s'abriter de la chaleur mais aussi se protéger de tribus hostiles.



Construction du réseau ferroviaire souterrain de Guangzhou, en Chine, en mars 2008

Dans la seconde partie du 19<sup>ème</sup> siècle, la construction de tunnels s'imposa afin de développer rapidement le réseau des chemins de fer en régions montagneuses. En même temps, le manque d'espace obligea certaines villes, comme New York, Paris et Londres, à mettre en place des systèmes de transports publics souterrains, que d'autres villes ont ensuite imités.

### Population des mégapoles en 2005 et prévisions pour 2015



### Villes souterraines

La décision de donner la préférence à la construction d'un centre commercial souterrain plutôt qu'en surface est souvent dictée par plusieurs facteurs : la proximité, par exemple, de bâtiments de grande hauteur ou l'existence d'infrastructures souterraines telles que celles des transports publics. Un autre facteur est le prix exorbitant du terrain en surface au cœur de la ville.

Le désir d'échapper au froid de l'hiver et à la chaleur de l'été afin d'économiser l'énergie peut également jouer. La concentration de divers services sur plusieurs niveaux souterrains évite de grands déplacements. Les réseaux de transports publics souterrains réduisent, en outre, l'usage de la voiture individuelle, ce qui limite la pollution et l'encombrement des rues. Les villes souterraines ont encore d'autres atouts, au point de vue de la dépense d'énergie. La température de l'air y reste à peu près constante, abstraction faite

## La tension monte à Djakarta

Le secteur de l'adduction d'eau et des égouts de Djakarta est l'un des plus déficients de toute l'Asie, selon la Banque mondiale. À peine plus de la moitié des habitants de la ville sont raccordés au réseau, et encore leur est-il conseillé de faire bouillir l'eau.

Afin d'améliorer le fonctionnement de ce secteur d'activité, le gouvernement indonésien a adopté, avec la bénédiction des institutions financières internationales, une stratégie qui allie la participation du secteur privé à la réforme de la loi sur l'eau. Il a promulgué une réforme libérale qui inclut la nouvelle loi sur l'eau, objet de controverses mais soutenue par la Banque mondiale comme condition de refinancement. La nouvelle loi établit que les droits de livraison de l'eau sont négociables et que l'eau est un bien marchand. Certaines ONG et associations de la société civile ont lancé des campagnes et des procès contre cette loi en objectant que l'eau est un droit humain.

En janvier 1998, un contrat d'une durée de 25 ans a été signé avec deux multinationales qui se sont engagées à améliorer la qualité de l'eau et à mobiliser la finance internationale afin d'étendre le réseau jusqu'aux banlieues pauvres. Il n'y a pas eu d'appels d'offres publics. La Thames Water International (britannique) et la compagnie (française) Suez-Lyonnaise des eaux ont soumis directement au gouvernement leurs propositions, en s'alliant à deux sociétés privées locales, membres des deux plus importants groupes indonésiens : le Salim Group, dirigé par Bob Hassan, un associé de l'ex-président Suharto, et le Sigit Group, dirigé par Sigit Harjojudanto, fils aîné du même Suharto. La Thames PAM Jaya a obtenu les droits exclusifs de faire fonctionner et de gérer le système actuel d'adduction d'eau dans la partie est de la ville, pour approvisionner 2 millions de consommateurs sur un total potentiel de 5 millions. La filiale Palyja de la Lyonnaise des eaux a obtenu le contrat pour la partie ouest de la ville, où vit un nombre un peu plus élevé de consommateurs potentiels.

### L'Indonésie s'enfonce dans le chaos

Quelques mois plus tard, les émeutes, la démission de Suharto et la sévère dévaluation de la roupie nationale jetèrent le pays dans le chaos. Confrontée aux protestations populaires contre la montée du prix des aliments de base et de l'essence, la municipalité refusa l'augmentation du tarif de l'eau, qui aurait compensé la dévaluation de la monnaie. Les gestionnaires locaux dénoncèrent les contrats qui les liaient aux deux multinationales, pour finalement voir le gouvernement fédéral les rétablir dans leurs fonctions, en réaction aux pressions diplomatiques et directoriales. Les concessionnaires privés reprirent du service après avoir discrètement abandonné leurs partenaires indonésiens, stigmatisés par leurs liens avec l'ex-président Suharto.

Le gouverneur de Djakarta n'était pas disposé à appliquer l'augmentation des tarifs convenus avec les concessionnaires, en raison de l'agitation populaire. Les rentrées d'argent plongèrent à partir de 1998. PAM Jaya, le service municipal des eaux, prit en charge le risque et s'endetta de plus en plus auprès de sociétés privées. En septembre 2003, le déficit cumulé se montait à 900 milliards de roupies (environ 97 millions de dollars). Avec des augmentations annuelles de tarif négociées à moins de 10 %, il faudra bien du temps à PAM Jaya pour rembourser le manque à gagner.

En même temps, les concessionnaires privés suscitaient le mécontentement en recrutant des employés à des salaires plus élevés que ceux de PAM Jaya. Les employeurs privés se plaignaient, quant à eux, de la sévérité du droit du travail et de la faiblesse des sanctions dont ils disposaient contre

la mauvaise performance des employés. Vers le milieu de l'année 2000, les relations au sein de l'entreprise s'étaient sérieusement détériorées.

### Les objectifs sont nettement revus à la baisse

En 1998, les deux multinationales s'étaient engagées à fournir, avant la fin de 2007, de l'eau potable au consommateur et à réaliser une couverture complète de la ville avant 2023. Ces objectifs ont, entretemps, été fortement révisés à la baisse. La couverture des services a certes augmenté depuis lors, mais le champ d'action des deux concessionnaires reste bien en dessous de l'objectif initial. Plus de 80 % des raccordements au réseau sont allés vers les ménages à revenu moyen ou supérieur, qui paient des tarifs plus élevés. La répartition des nouveaux raccordements n'a donc pas systématiquement favorisé les pauvres. Cela a encore alimenté la protestation des consommateurs et les procès intentés aux services municipaux.

Cette situation est, dans une certaine mesure, un héritage du mode de gestion du secteur public, caractérisé par la mauvaise volonté des responsables municipaux à étendre le réseau aux banlieues pauvres, par crainte d'en retirer de faibles bénéfices. Cela est également dû à une politique de tarification implicitement anti-pauvres, qui fait que le tarif de l'eau dans les fontaines publiques – utilisées par les familles pauvres et les petits marchands d'eau – est plus élevé par unité de volume que celui réservé aux habitations particulières, ce qui revient à réduire les bénéfices dès qu'une famille pauvre est raccordée au réseau.

Cet héritage du temps où le secteur public négligeait de relier au réseau les ménages pauvres a simplement été reconduit par les concessionnaires privés. Durant les cinq premières années de la concession, seuls 25 % des nouveaux raccordements visaient les deux échelons inférieurs du tarif, dans une ville dont la majorité des habitants tombe dans les catégories de revenus moyen-inférieur et inférieur. Aujourd'hui, les utilisateurs pauvres sont peu enclins à se faire raccorder au réseau car cela pourrait leur coûter plus cher que d'avoir recours aux autres possibilités, comme les eaux souterraines ou l'achat d'eau aux petits marchands.

Ceux qui critiquent la privatisation estiment que les compagnies privées ne sauraient approvisionner les pauvres tout en faisant des bénéfices. Ils citent des

cas de révolte populaire dans beaucoup de pays, qui ont parfois abouti à l'annulation des contrats par les gouvernements, comme à La Paz et Cochabamba en Bolivie, ou à Manille aux Philippines. Le secteur privé s'est même parfois volontairement désengagé de ses contrats, en constatant que le risque l'emportait sur les chances de bénéfices. En effet, la Thames Water s'est retirée de Djakarta. Les défenseurs de la privatisation estiment cependant que les infrastructures et les investissements de l'adduction d'eau sont des projets à long terme qui exigent de laisser passer un nombre d'années bien plus grand avant de pouvoir porter un jugement définitif sur les concessions de fourniture d'eau par le secteur privé. Compte tenu du soutien persistant des institutions financières internationales, et de la véhémence des critiques de la société civile, ce débat, et les conflits liés à la privatisation des eaux urbaines, sont bien partis pour durer.

*Cette étude de cas de Karen Bakker est tirée de Urban Water Conflicts, publiée en 2006 par le Programme hydrologique international de l'UNESCO. Parmi les autres mégapoles analysées figurent Buenos Aires, Chennai, Delhi, Mexico et São Paulo : <http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001490/149032E.pdf>; [a.tejada-guibert@unesco.org](mailto:a.tejada-guibert@unesco.org)*



*Inondation à Djakarta après une rupture des canalisations d'eau*

© Y. Wibowo

d'une légère augmentation en profondeur. À trois mètres sous la surface, elle se stabilise autour de 10 à 15 °C, il faut donc moins d'énergie de chauffage ou de refroidissement qu'en surface, où la température peut atteindre des extrêmes de chaleur (47°C à New Delhi) et de froid (-40°C à Québec, au Canada), et varier considérablement selon les périodes de l'année.

Le coût de la construction entre également en jeu. En sous-sol, l'esthétique n'a que peu d'importance, car il n'y a pas de façade à admirer. L'extérieur ne nécessite donc aucun entretien régulier. Si l'on appliquait des durées d'amortissement – plus longues et plus réalistes – au calcul de la détérioration d'une construction dans le temps, la comparaison des coûts donnerait l'avantage à la construction souterraine.

La construction souterraine dans ou près d'une paroi de roche dure pourrait, elle aussi, constituer le meilleur moyen de parer aux risques sismiques. Des dépôts de roche meuble en couches épaisses peuvent, a contrario, imprimer une forte accélération aux ondes sismiques et contribuer à l'effondrement de bâtiments de surface. Pour citer un exemple, les quartiers de Rome (Italie) construits sur des roches solides ont survécu à plusieurs grands séismes, mais pas les bas quartiers situés dans des vallées de sédiments meubles.

Un problème qui peut se poser aux villes est la présence d'une nappe phréatique. Une bonne partie du pays bien nommé Pays-Bas se situe en dessous du niveau de la mer. Dans de nombreuses villes néerlandaises, la nappe est très proche de la surface. Cela peut sérieusement gêner la construction en sous-sol. Dans d'autres villes, le niveau peut être plus haut dans certains quartiers seulement, comme à Londres sur la Tamise.

Dans ce cas, il y a deux dangers à éviter si l'on veut creuser ou forer des tunnels dans le centre-ville : la subsidence, qui menace parfois les bâtiments historiques, ou bien les tunnels qui peuvent se mettre à flotter sous la poussée des eaux souterraines. On pare au premier danger en effectuant un pompage contrôlé et temporaire dans les fosses du chantier et en surveillant de près les bâtiments environnants. Quant au « décollage » des tunnels, on peut normalement le maîtriser en coulant mécaniquement une masse de matériaux dans les niveaux profonds où commencent à affleurer les couches de sédiments ou de roches solides, et en créant de lourds planchers de béton qui ajoutent du poids à la construction.

Depuis le début du siècle, la construction en profondeur se développe rapidement. Surtout en Chine : à Beijing, l'espace construit en sous-sol progresse de 10 % par an, et il en va de même à Shanghai. Aujourd'hui, 30 km<sup>2</sup> de Beijing se situent en sous-sol et le chiffre va atteindre 90 km<sup>2</sup> d'ici 2020.



*Pendant des siècles, les Halles ont abrité le marché alimentaire de gros pour la ville. Au début des années 1970, il a été transféré en dehors de Paris, et les Halles devinrent alors un point de convergence au cœur de la cité pour le métro et le réseau ferré qui s'étend jusque dans les banlieues. Un centre commercial partiellement souterrain avec restaurants et cinémas y a également été construit*

La ville souterraine de Beijing avait été construite en 1969 comme labyrinthe d'abris contre d'éventuels raids aériens, au plus fort des tensions sino-soviétiques. N'ayant jamais été utilisée à cette fin, la majeure partie du réseau est aujourd'hui convertie en commerces et centres d'affaires, en théâtres et même en un vaste marché souterrain.

À Montréal, 40 km d'espaces souterrains s'échelonnent sur trois niveaux. Ils sont reliés par des ascenseurs, et de grands espaces dégagés laissent largement pénétrer la lumière du jour par des verrières aménagées dans le toit.

Pour construire durablement en sous-sol, il est indispensable d'avoir autant d'informations que possible sur le soubassement. Les conditions sont très différentes selon qu'il se compose de roche dure ou de sédiments meubles et saturés d'eau. Par ailleurs, une roche dure mais fragmentée, dans une zone de faille fragile, se com-

portera de manière très différente de celle d'un banc de granite solide, en cas de tremblement de terre.

Il arrive qu'une étude géologique révèle la présence de gros rochers enrobés dans des couches de sable. Probablement déposés aux limites de la glace pendant une glaciation, ils peuvent endommager les tunneliers qui essaient d'attaquer le sous-sol.

Une bonne gestion du sous-sol de la ville exige de prévoir des issues de secours en cas d'incendie, des bouches d'aération fiables pour garantir la qualité de l'air, etc. Les connaissances géoscientifiques peuvent constituer un apport essentiel.

Nous sommes en voie de rendre le sous-sol « transparent ». Les systèmes d'information géographique (SIG), les techniques de modélisation, et les méthodes géophysiques, donnent une image bien plus fidèle des propriétés et de la structure du sous-sol qu'autrefois. La construction en souterrain exige bien davantage de ces connaissances essentielles que la construction en hauteur, y compris en ce qui concerne les fondations.

### Les villes qui s'affaissent

Quel est le point commun entre les villes suivantes : Amsterdam, Bangkok, Dhaka, Djakarta, Shanghai et Venise ? Réponse : toutes se situent sur des deltas et toutes s'enfoncent dans le sol. Les deltas sont généralement constitués de couches relativement meubles comme les argiles, les sables doux ou la tourbe, qui ne peuvent supporter de bâtiments lourds, si bien qu'il faut creuser des fondations. Des « pieux de semelle » doivent être enfoncés dans du sable, parfois profond et ferme, comme à Amsterdam, Dubaï et Bangkok.

L'ingénierie peut remédier à la faiblesse des fondations naturelles. Elle peut aussi remédier à la subsidence des terrains cédant à une surcharge de poids inégalement répartie

## Les îlots de chaleur urbains

Certaines mégapoles du monde piègent tant de chaleur dans les trottoirs de béton, routes asphaltées et bâtiments de brique que les rues restent chaudes longtemps après le coucher du soleil. Il existe aussi d'autres facteurs, comme l'air chaud émis par les climatiseurs et les réfrigérateurs ou les moteurs de voitures, qui font monter la température. Ce phénomène d'îlot de chaleur urbain a, en quelques décennies, fait grimper la température de certaines villes du monde autant qu'en un siècle entier.

### Garder sa fraîcheur

Ces dernières années, les scientifiques de la NASA ont utilisé des satellites pour étudier l'effet d'îlot de chaleur à Mexico, New York et autres mégapoles (sur São Paulo, voir page 8). Leur réchauffement a pour effet, entre autres, ont-ils observé, de multiplier les tempêtes sous le vent de ces villes.

À l'été 2002, Stuart Affin, de l'Université de Columbia (États-Unis), et ses collègues\* ont utilisé les données de température obtenues par satellites, les cartes de couverture de l'ensemble du territoire d'une ville et les données météorologiques, ainsi qu'un modèle du climat régional pour déterminer les meilleures stratégies de refroidissement de la ville de New York. La comparaison des images satellites a prouvé que là où la végétation était dense, la température était plus basse. Les îlots de chaleur urbains étaient donc plus intenses là où il y avait peu ou pas du tout de végétation car l'évaporation de l'humidité émise par le sol et les plantes rafraîchit l'air.

### Si vous ne supportez pas la chaleur, ayez une toiture végétale

Durant cette étude, Gaffin a constaté que les toits de couleur claire étaient moins efficaces que les plantes pour rafraîchir les villes. « En réfléchissant la lumière du soleil, [les toits de couleur claire] peuvent tout au plus évacuer une bonne partie de la lumière vers les bâtiments des alentours, en réchauffant davantage le voisinage. Mais ils ne renvoient pas vraiment la lumière loin de la ville. Et en hiver, les toits clairs peuvent rafraîchir inutilement les bâtiments, ce qui augmente les besoins de chauffage ».

Bien que l'équipe de Gaffin ait conclu que la végétation était la meilleure façon de rafraîchir une ville, beaucoup de mégapoles connaissent une croissance si rapide, dans un milieu où le terrain est si cher, que ni les ceintures vertes ni les parcs ne sont une priorité pour les urbanistes. Mais on peut aussi prévoir des doubles alignements d'arbres sur les avenues et des jardins sur les toits. À Tokyo, où l'été devient de plus en plus tropical,\*\* la demande de toitures végétales n'a fait qu'augmenter ces dernières années.

### Chercheurs de chaleur sous terre

En pensant au réchauffement planétaire, on a tendance à l'imaginer seulement à la surface de la terre. Or, s'ajoutant à l'effet d'îlot de chaleur urbain, il peut pénétrer à plus de 100 m sous terre. Le problème concerne donc aussi les eaux souterraines, car leur qualité peut subir une altération géochimique et géomicrobienne sous l'effet de l'élévation de la température interne. Ce risque a été étudié à l'aide du projet de l'UNESCO sur l'Évaluation des ressources en eaux souterraines qui subissent les pressions exercées par l'activité humaine et les changements climatiques (GRAPHIC).

En août de l'année dernière, trois scientifiques japonais ont publié une étude comparée des Effets cumulés de l'urbanisation et du réchauffement planétaire sur la température interne de quatre villes d'Asie : Tokyo et Osaka au Japon, Séoul en

République de Corée et Bangkok en Thaïlande. Elles ont la particularité de « s'être urbanisées rapidement au cours du siècle dernier, notamment après la Seconde guerre mondiale ». Toutes, sauf Séoul, se situent en bord de mer et possèdent les mêmes caractéristiques géologiques.

Comme point de départ, Makoto Taniguchi et Karen Jago-on, de l'Institut de recherches de Kyoto sur les humanités et la nature (Research Institute for Humanity and Nature) et Takeshi Uemura, de la Graduate University for Advanced Studies de Kanagawa, ont lu des travaux confirmant une élévation d'environ 0,5°C des températures mondiales, atmosphériques et de surface, au cours du siècle passé. C'était bien moins que le réchauffement observé à la surface des quatre villes étudiées pendant la même période de 100 ans : Tokyo (2,8°C), Séoul (2,5), Osaka (2,2) et Bangkok (1,8).

Les scientifiques ont analysé les mesures de température relevées pendant les 15 dernières années sur des forages souterrains, puis ont fait la moyenne pour chacune des quatre villes. Comme les forages en question avaient été faits presque toujours avant les années 1980, les données de température relevées représentaient celles des eaux souterraines environnantes.

### Creuser profond pour remonter le temps

En précisant la profondeur à laquelle la température du trou s'écartait de la norme (le profil linéaire de la température estimée en profondeur, dit gradient thermique stable), les scientifiques ont pu vérifier dans quelle mesure, au cours de l'histoire propre à chacune des villes, l'urbanisation avait commencé à élever la

température de la ville. Car la chaleur se conserve plus longtemps sous terre qu'en surface. Plus on creuse profond, plus loin on remonte dans le temps. Cette profondeur s'établissait à environ 140 m pour Tokyo, 80 m pour Osaka et 50 m pour Séoul comme pour Bangkok, ce qui signifie que l'urbanisation de Tokyo avait influé sur sa température depuis plus longtemps que celle des trois autres villes, moins grandes.

L'étude de l'effet de la chaleur émise par les zones urbaines sur la température interne n'est pas très répandue, et les données de température sous la surface ont rarement été interprétées pour dater le début de l'urbanisation. Cette étude menée en Asie représente la première tentative pour évaluer le phénomène à l'échelle régionale, même si des études ont été effectuées séparément pour certaines villes d'Europe et d'Asie.

*L'étude de cas décrite ici sera publiée l'année prochaine par le projet GRAPHIC dans Groundwater and Climate Change. Voir également pages 14 et 24.*

Pour lire l'étude de M. Taniguchi et coll. : [www.vadosezonejournal.org](http://www.vadosezonejournal.org) (vol 6, N°3, août 2007) ; contacter l'auteur principal : [makoto@chikyu.ac.jp](mailto:makoto@chikyu.ac.jp)

\* Voir : [www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/nyc\\_heatislaand.html](http://www.nasa.gov/centers/goddard/news/topstory/2005/nyc_heatislaand.html)

\*\* Dans le New York Times en août 2002, James Brooke citait Takehiro Mikami, professeur de climatologie à l'Université métropolitaine de Tokyo, disant que le nombre de nuits d'été tropicales à Tokyo était passé, en quelques années à peine, de 0 à 30-40. Il prévoyait qu'il passerait à 50-60 chaque été d'ici 2010. Pour sa part, l'entomologiste médical Matsuo Kobayashi observait que l'aire d'un moustique vecteur de la dengue avait avancé jusqu'à 100 km au nord de Tokyo



Le centre de New York (USA)

en surface, à cause de la construction de grands bâtiments de hauteurs différentes. Les techniques de l'ingénierie nous permettent même de construire sur l'eau, mais à quel prix !

Avant de construire on commence par mesurer le terrain, prélever des échantillons et réunir toutes les informations sur la composition et la structure du sous-sol. Le résultat de ces recherches fournit les données pour l'établissement d'un modèle fiable du sous-sol. Puis le modèle sert à concevoir la construction, qui aboutira à un plan de fondation approprié.

Ajouter plusieurs étages sous un gratte-ciel augmente normalement sa stabilité. Ces constructions souterraines peuvent être reliées entre elles, par exemple à l'intérieur d'un réseau

ferroviaire et de galeries marchandes, de façon à créer une vaste infrastructure de béton. Un tel réseau de béton peut contribuer à renforcer la stabilité du sous-sol de la ville en répartissant la charge de façon plus équilibrée, sur une aire plus étendue. La mise en place de pieux reste cependant indispensable, notamment dans les zones sujettes aux tremblements de terre, et celles qui ne reposent pas sur un substrat de roche dure.

En 2003, le *China Daily*<sup>1</sup> signalait que le gouvernement central avait commencé à construire deux réseaux de surveillance de la subsidence de la surface, à la suite d'une étude géologique indiquant que 46 villes chinoises s'enfonçaient en raison d'un pompage excessif des eaux souterraines. Dans certains cas, la

construction de bâtiments de grande hauteur aggravait la situation en exerçant une pression excessive sur le sous-sol.

À Shanghai, par exemple, la subsidence a provoqué l'effondrement de la ligne N° 4 du métro sur la rive du fleuve Huangpu, en juillet 2003, entraînant l'inclinaison de plusieurs bâtiments voisins. Yan Xuexin, ingénieur en chef adjoint de l'Institut de recherche géologique de Shanghai, a déclaré au *China Daily* que « les variations de hauteur et de localisation des gratte-ciels exercent une pression inégale sur le sol de la ville, ce qui entraîne une subsidence inégale, source de risques pour la sécurité ».

Cet institut estime que « le pompage excessif des eaux souterraines est responsable à 70 % de la subsidence du sol de Shanghai, les 30 % restants étant dus au poids physique des gratte-ciels ». Plus de 3 000 bâtiments de la ville se dressent sur 18 étages ou davantage, et 3 000 autres étaient en chantier en 2003, rapportait le *China Daily*. Il existe plus de 100 bâtiments de plus de 100 m de haut.

Le pire, c'est que les villes qui s'enfoncent en bord de mer ou de fleuve, comme Bangkok, Mumbai ou Dhaka, peuvent aussi être sujettes à l'inondation. Les techniques actuelles d'interférométrie radar à ouverture synthétique (InSAR) permettent de mesurer depuis l'espace la subsidence des terrains (et leur soulèvement) avec une précision évaluée en mm. Cette technique permet d'obtenir une image à haute résolution, différenciée dans l'espace, de zones particulières sujettes à la subsidence. On peut ainsi concevoir l'infrastructure – digues, gratte-ciels, stations de pompage et conduites d'eau – mais aussi élaborer des plans précis d'évacuation des personnes sur les sites menacés d'inondation, soit en cas d'urgence, soit de façon définitive. Les zones de plus forte subsidence sont désormais bien identifiées grâce aux techniques InSAR. Si ces zones courent le risque d'être fréquemment inondées, leurs municipalités devraient en faire des terres humides ou des réserves de nature, par exemple. Mais si la zone n'est sujette qu'à des inondations occasionnelles, il conviendrait plutôt d'établir un plan d'évacuation en cas d'urgence.

### La première ville fantôme du monde ?

Comme nous l'avons vu, un pompage excessif des eaux souterraines dans les deltas est souvent cause de subsidence. C'est parce que l'abaissement du taux de porosité à l'eau fera se contracter les couches meubles. Connaissant la cause de la subsidence, la plupart des municipalités ont résolu le problème en évitant le pompage, ou bien en prenant des mesures pour y parer, comme en infiltrant de l'eau de surface dans la nappe phréatique pour la réapprovisionner. Si on ne peut plus pomper les eaux souterraines, il peut devenir nécessaire de purifier les eaux de surface pour approvisionner les citadins. Dans le cas de Shanghai, dès que le pompage fut interrompu, la subsidence diminua considérablement. Désormais, la ville est obligée de faire venir son eau par des canalisations sur de grandes distances.

Le cas de Shanghai illustre un phénomène très répandu. De 1950 à 1995, le revenu moyen a augmenté de 218% dans les pays



L'approche du centre ville de Shanghai

industrialisés, et de 201 % dans le monde en développement. Cela s'est accompagné d'une élévation spectaculaire de l'espérance de vie, qui fit presque doubler la population mondiale et réduire de moitié la population vivant dans la pauvreté. Ces phénomènes sont allés de pair avec une urbanisation rapide. Aujourd'hui, un puis-

sant mélange de croissance démographique et d'essor d'une classe moyenne exigeant un niveau de confort domestique tel que multiples salles de bains, pelouses bien vertes et piscines privées, ainsi qu'aménagements de loisirs collectifs tels que parcs et terrains de golf, a fini par entraîner une surconsommation des eaux souterraines dans de nombreuses grandes villes.

Le niveau de la nappe phréatique baisse de manière inquiétante dans plusieurs grandes villes des États-Unis. C'est le cas notamment de Chicago sur le lac Michigan, près de la frontière canadienne, ou de Houston, dans le Sud aride.

L'environnementaliste australien Tim Flannery aurait prédit que Perth, en Australie Occidentale, pourrait devenir la première ville fantôme du monde. Ses 2 millions d'habitants utilisent plus d'eau que toute autre ville du pays. Cette ville côtière est fière de ses immenses parcs verts et de ses jardins soignés, alors qu'elle s'étend au bord d'un vaste désert. La surconsommation coïncide avec une chute marquée de la pluviosité, de 15 à 20 % sur les 40 dernières années, qui a fait tomber très bas le niveau de la nappe phréatique.<sup>2</sup>

### À la fois victime et coupable

Les mégapoles sont donc à la fois victimes et causes de risques. Elles peuvent provoquer la subsidence en aspirant trop d'eau de la nappe phréatique, mais aussi devenir les premières victimes de l'enfoncement du terrain ou de la raréfaction des eaux souterraines. Elles polluent l'air et l'eau utilisée, et finissent par subir les conséquences de ces maux auto-infligés.

Certains maux ne sont pas immédiatement évidents. Les villes dont le sol ou les eaux souterraines sont pollués, par exemple, peuvent être assises sur une bombe à retardement sanitaire. Les effets de cette contamination sur la santé humaine pourraient ne se manifester qu'à long terme, car le transport en sous-sol du matériel contaminé est régi par des paramètres géologiques relativement lents.



Petite entreprise de recyclage à Dhaka

© F. Kraas

## Ta ceinture est-elle bien verte, São Paulo?

Les collines qui entourent São Paulo englobent d'importants vestiges de la forêt atlantique brésilienne (Mata Atlântica). Les services fournis par l'écosystème de cette ceinture verte en termes d'eau et d'aliments, de biodiversité, de régulation du climat et de possibilités de loisirs constituent des atouts vitaux pour cette mégapole. Or, ces services commencent à être menacés par la croissance tentaculaire de la ville, le développement de sa population, les activités minières, l'industrialisation, les incendies de forêt, l'abattage illégal d'arbres et la pollution. La qualité de vie de cette mégapole dépendra de son succès à soulager cet écosystème de la pression croissante qui s'exerce sur elle.

### Autrefois il bruinaut, maintenant il pleut à verse

São Paulo subit déjà les effets du changement climatique. Par rapport aux années 1950, la température moyenne de la ville a augmenté de 1,5 °C, signale Magda Lombardo, de l'Université de São Paulo\*. Un curieux phénomène s'y est associé : la bruine, qui était autrefois la marque distinctive de la ville, a été remplacée par de fortes averses. Plus curieux encore, ce phénomène se produirait aux dépens des zones boisées périurbaines, qui recevraient moins de pluie qu'autrefois.

Tarik Rezende de Azevedo, lui aussi de l'Université de São Paulo, a démontré ce phénomène par une étude statistique. Il a découvert que, dans les années 1990, la pluie était plus abondante les jours de semaine qu'en fin de semaine, en fonction de l'intensité des activités urbaines. En fait, la pollution de l'air, aussi bien que les îlots de chaleur (voir p. 6), affectent la pluviosité en modifiant le régime des vents. L'élévation de la température à la verticale de la ville agit sur la pression et fait converger les vents de surface vers la source de chaleur, processus de convection qui accroît la fréquence et l'intensité des chutes de pluie.

### Réduire l'empreinte écologique

La Réserve de biosphère de la ceinture verte de São Paulo a été créée en 1994 sous l'égide du programme l'Homme et la biosphère de l'UNESCO. Soutenue par un mouvement civique qui récolte 150 000 signatures de résidents en faveur de sa création, la réserve vise à concilier le développement urbain avec la protection de la nature, au prix d'une gestion intégrée, de programmes communautaires concertés et d'une solide base scientifique. C'est la seule réserve de biosphère au monde qui englobe une mégapole.

Constitué de représentants d'organismes gouvernementaux et municipaux, du secteur privé, de diverses ONG, de communautés locales et d'universitaires, le Conseil de gestion de la Réserve de biosphère de la ceinture verte de São Paulo fixe les grandes lignes de sa politique et son plan d'action. Il entretient des relations avec le parlement de l'État de São Paulo, avec le savant soutien de son bureau de coordination au sein de l'Institut forestier de São Paulo.

Faire valoir l'importance et la fragilité des services de cet écosystème et y sensibiliser le public, telles sont les principales activités de la réserve. Une attention particulière est dévolue à la création d'emplois écologiques et aux perspectives d'éco-entreprises dans des secteurs tels que l'agroforesterie, l'agriculture biologique, l'écotourisme, la gestion de l'eau et le recyclage des déchets. Des centres spéciaux ont été créés en divers points de la réserve pour former des jeunes défavorisés à des emplois écologiques.

« Nous avons mis en place des politiques publiques de soutien au reboisement », explique Rodrigo Victor, coordinateur de la réserve à l'Institut forestier de São Paulo. « Le plus prometteur de nos projets concerne le marché de neutralisation volontaire du carbone, qui impute aux compagnies le coût de la plantation d'arbres pour compenser leurs émissions de carbone. Les propriétaires fonciers sont, quant à eux, obligés de conserver sur leurs terres au moins 20 % de couverture forestière, en plus des « zones de préservation permanente » que sont les berges des rivières, les sources d'eau et le sommet des collines ».

« Nous encourageons également l'agriculture biologique dans certains secteurs périurbains », dit-il. « La plus grande partie des légumes consommés à São Paulo venaient auparavant de la ceinture verte. Cela protégeait la zone de toute construction mais polluaient l'environnement à cause des pesticides et des engrais chimiques. Puis, la ville ne cessant de s'agrandir, les terres agricoles furent



Plantation d'un arbre au Centre de formation aux emplois écologiques d'Embu Guaçu, dans le cadre d'un projet de la réserve de biosphère



© Luarez Silva



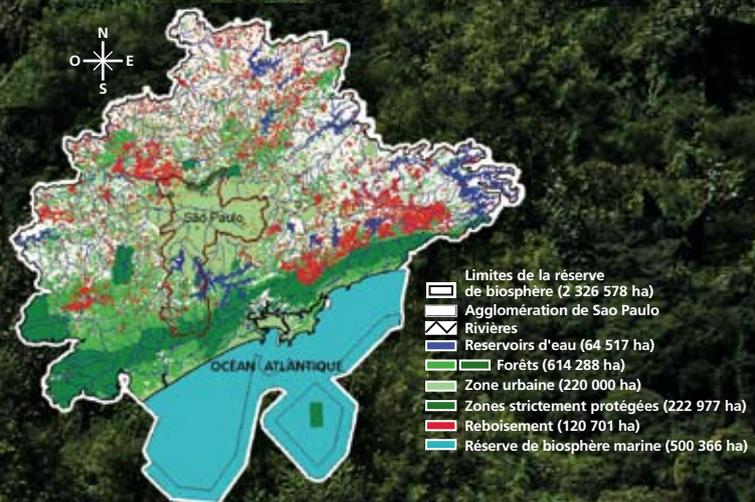
Ces deux résidents vagabondent librement dans la Mata Atlântica : un singe hurleur brun (*Alouatta fusca*) et l'insaisissable *Puma concolor*, classé comme espèce 'vulnérable'. Cette forêt abrite 20 000 espèces végétales, dont 8 000 endémiques. Sur ses 1 711 espèces de vertébrés, 706 sont endémiques (Source : [www.rbma.org.br](http://www.rbma.org.br))

convoitées pour la construction, les prix montèrent, les terrains furent lotis et vendus. Aujourd'hui, « manger bio » est devenu à la mode, et nous voyons progresser le nombre de produits issus de l'agriculture biologique dans la ceinture verte ».

« L'eau pose un grave problème », souligne Victor. São Paulo va atteindre les limites de ses possibilités, car sa capacité en eau par habitant est inférieure à celle des écosystèmes semi-arides de la région du Nordeste. Tôt ou tard, la ville pourrait être obligée de faire venir son eau de loin, faisant peser des menaces sur d'autres paysages préservés. Pour éviter cela, il nous faut faire tous les efforts possibles afin de protéger et restaurer les écosystèmes de la ceinture verte proprement dite de São Paulo ».

Pour en savoir plus : [rbcv\\_sp@yahoo.com.br](mailto:rbcv_sp@yahoo.com.br); [p.dogse@unesco.org](mailto:p.dogse@unesco.org)

\*Source: Ferroni, Marcelo (2002) *Artificial Desert*. ISTOÉ, n° 1728, 14 November



Réserve de biosphère de la ceinture verte de São Paulo

À court terme, les problèmes de santé peuvent être provoqués par la faiblesse des services d'assainissement incapables de s'adapter au rythme de croissance de la population<sup>3</sup>. Ou par la détérioration des sites urbains, comme les décharges sauvages, les eaux stagnantes dans les bidonvilles, ou encore les bulles de chaleur des villes (voir *Les îlots de chaleur urbains*).

Les mégapoles abritent aussi la pauvreté et l'inégalité. On peut dire à juste titre que les mégapoles de demain, dans les pays en développement, auront pour tâche de première urgence de trouver des solutions concrètes pour améliorer le sort des pauvres, réduire les inégalités sociales et mettre fin à la dégradation de l'environnement. C'est encore un domaine où les géoscientifiques et les géographes urbanistes peuvent se distinguer.

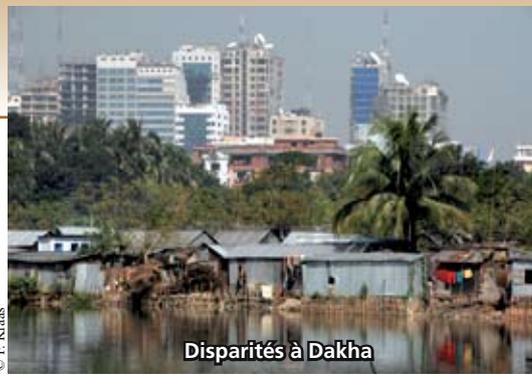
### L'injustice des inégalités

Lorsque des ruraux émigrent en ville, c'est souvent poussés par la pauvreté. Incapables de s'offrir les loyers du centre-ville, ils se trouvent alors isolés des voisins riches, dans des banlieues éloignées, ou des bidonvilles. Cela donne lieu à des inégalités au plan social, car les services municipaux d'électricité, de canalisations d'eau et d'égouts ne parviennent pas toujours jusqu'aux zones excentrées. Cela produit un sentiment d'abandon et nourrit une méfiance mutuelle entre les possédants et les pauvres, qui peut tourner au conflit ouvert (voir *La tension monte à Djakarta*).

Les plus démunis vivent en général dans des zones urbaines à risques, en bordure des fleuves ou sur des pentes abruptes exposées aux catastrophes naturelles, comme les inondations ou les glissements de terrains provoqués par des pluies abondantes. Souvent, ils disposent d'unr eau potable de mauvaise qualité, dangereuse pour la santé, ou bien ils vivent dans des bidonvilles proches de décharges d'ordures, si ce n'est carrément dessus.

Les géographes et autres géoscientifiques peuvent réduire ces problèmes d'iniquité urbaine en aidant à trouver des terrains plus stables pour loger les familles pauvres ou, dans les zones à risques, repérer avec les familles des solutions possibles telles que la consolidation des berges instables. Ils peuvent également agir en amont en prenant part à la planification de l'occupation des sols ce qui a produit de bons résultats dans des projets menés à bien par la société civile à Rio de Janeiro, par exemple, ou à Manille et à Mumbai.

Ces spécialistes savent déterminer quelles réserves d'eaux souterraines conviennent à la consommation humaine, et concevoir des espaces de décharge mieux adaptés, adossés à des barrières naturelles, afin d'assurer leur sécurité sur le long terme. L'urbanisation produit des montagnes de déchets issus des habitations, de l'industrie et de la destruction de bâtiments et d'infrastructures. Connaître la composition du sous-sol de la ville est très utile pour choisir les meilleurs emplacements pour les décharges. Comme elles finissent toujours par suinter, les plus sûres sur le long terme sont celles qui reposent sur une barrière naturelle, comme un socle épais d'argile imperméable ou de schiste argileux.



Disparités à Dakha

La politique d'expulsion des habitants des bidonvilles, souvent assortie de programmes de relogement forcé, est désormais de plus en plus souvent remplacée par des projets de réhabilitation des taudis couplés avec le partage des terrains. De nouvelles

formes de partenariat public-privé sont mises en place afin d'améliorer ces espaces grâce à un investissement accompagné du relogement en habitat public des familles pauvres.

À Mumbai par exemple, l'administration, le secteur privé et la société civile travaillent de concert dans le vaste bidonville de Dharavi pour reloger les familles sans recourir à leur expulsion. Des programmes de microcrédits, de nouvelles formes de financement public et de nouveaux modèles de gouvernance ont permis de résoudre les problèmes les plus urgents liés à l'insuffisance des services et au surpeuplement dans les bidonvilles, tout en renforçant les droits des habitants.

### Les risques naturels de plus en plus coûteux

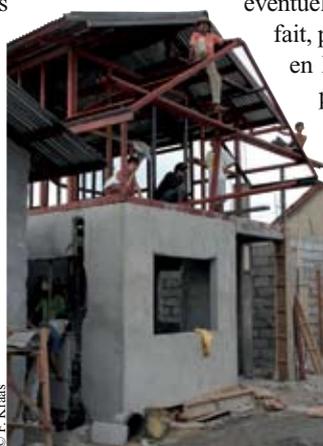
Il existe des risques contre lesquels les mégapoles ne peuvent guère se prémunir : les géorisques. Depuis un siècle, cinq des 20 mégapoles du monde ont subi un tremblement de terre de forte magnitude (voir *tableau page suivante*) et d'autres, comme Beijing, Calcutta, Delhi, Karachi, Manille ou Mumbai, sont assises sur une bombe à retardement.

Centres économiques majeurs – par la masse des populations et des biens matériels qui y sont concentrés – les mégapoles sont des lieux extrêmement vulnérables en temps de crise. Lorsque survient une catastrophe naturelle, combattre les incendies, rétablir les réseaux d'alimentation, les lignes de communication et de transport, et prendre en charge les blessés et les sans-abris devient un véritable cauchemar pour la logistique. Il suffit de se rappeler la chaotique évacuation de la ville côtière de la Nouvelle-Orléans, aux États-Unis, inondée en 2005. Dans certains cas, il faudra des années pour que l'économie se rétablisse.

Savoir le type de risques auxquels une ville est exposée peut l'aider à se préparer en cas de catastrophe (voir *figure page suivante*). Si elle est vulnérable aux éruptions volcaniques, elle pourra construire des canaux pour évacuer les principaux flux éventuels de lave, à l'écart des zones urbanisées. Cela a été fait, par exemple, à Yogyakarta en Indonésie, et à Naples en Italie. Dans les zones sujettes aux tsunamis, il est possible de construire en respectant les normes de sécurité, à la condition expresse de connaître la largeur et la composition de la région de la zone côtière.

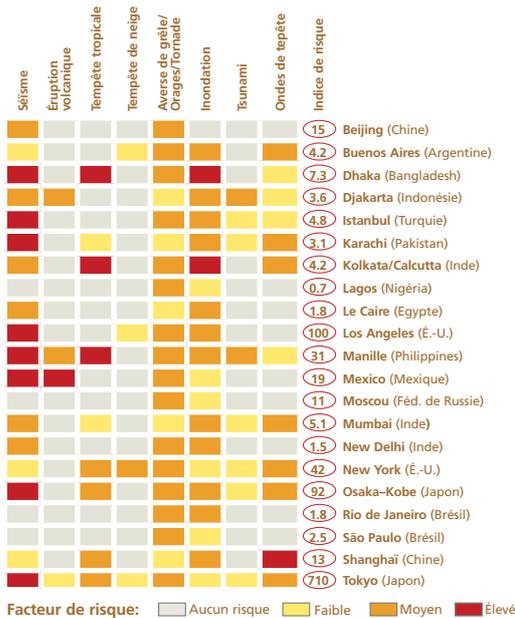
On ne peut empêcher les tremblements de terre de se produire, mais il devient possible de les prévoir, bien qu'insuffisamment tôt pour que soit évacuée la population. Des normes sismiques ont cependant été établies pour les constructions qui, si elles sont respectées, peuvent leur permettre de résister aux séismes.

À l'avenir, les effets du climat sur les mégapoles côtières seront multiples et complexes. En plus de l'élévation du niveau de la mer, le changement climatique pourra redessiner le



Construction d'une nouvelle maison dans un projet de relogement volontaire pour familles pauvres de Manille (Philippines)

Vulnérabilité des mégapoles aux risques naturels



Source: Münchner Rückversicherungsgesellschaft (2004) Megacities – Megarisks: [www.munichre.com/publications/302-04271\\_en.pdf](http://www.munichre.com/publications/302-04271_en.pdf)

Mégapoles frappées par des catastrophes naturelles depuis un siècle

Ville	Pays	Année	Type de risque	Coût humain et matériel	Part de la mégapole dans le PIB du pays (%)
Istanbul	Turquie	1999	Séisme magnitude 7.6	>17 000 morts, 500 000 sans abris et de 3 à 6 milliards de dollars de dommages dans les provinces d'Istanbul, Kocaeli et Sakarya	25
Dhaka	Bangladesh	1998	Inondation	1050 morts, 4,3 milliards de dollars de dommages	60
Kobe-Osaka	Japon	1995	Séisme magnitude 6.9	>6000 morts >102 000 bâtiments endommagés ou détruits dont quelques uns par le feu, 300 000 sans abri. >100 milliards de dollars de dommages	20 (avec Kyoto)
Los Angeles	États-Unis d'Amérique	1994	Séisme magnitude 6.7	60 morts et >5000 blessés >40 000 bâtiments endommagés, dommages causés par le feu. >44 milliards de dollars de dommages	<10
New York	États-Unis d'Amérique	1992	Tempête de neige	20 morts, 3 milliards de dollars de dommages	<10
Mexico	Mexique	1985	Séisme magnitude 8.0	>9500 morts	40
Manille	Philippines	1978	Typhon Rita	340 morts, 115 de dollars de pertes économiques	30
Karachi	Pakistan	1977	Inondation	375 morts	20
Los Angeles	États-Unis d'Amérique	1971	Séisme	65 morts, incendies, 533 millions de dollars en pertes économiques	<10
Rio de Janeiro/São Paulo	Brésil	1967	Inondation	>600 morts, 10 millions de dollars de pertes économiques	40
Calcutta	Inde	1955	Inondation	1700 morts, 65 millions de dollars de pertes économiques	<10
New York	États-Unis d'Amérique	1938	Ouragan	600 killed, \$400 million in economic losses	<10
Tokyo	Japon	1923	Séisme magnitude 7.9	>140 000 morts. Soulèvement permanent de 2 m du rivage nord de la baie de Sagami (où un tsunami provoqua des vagues de 12 m) et déplacement latéral de 4,5 m de la péninsule de Boso	40

Sources: Münchner Rückversicherungsgesellschaft (2004) Megacities – Megarisks; US Geological Survey

trait de côte et obliger les municipalités à repenser l'aménagement des fronts de mer. Les infiltrations d'eau salée pourraient contaminer les eaux souterraines et une augmentation de la pluviosité provoquer des glissements de terrain et des inondations. Inversement, une diminution de la pluviosité pourrait réduire les réserves des nappes, comme à Perth, et éventuellement rendre inhabitables certaines villes.

Ce qui est sûr, c'est que les risques naturels coûtent cher et que ce coût est en constante progression. Parce que l'expansion urbaine se produit dans des zones où les risques sont plus grands qu'auparavant, les emplacements les meilleurs et les plus stables étant déjà occupés. Mexico, par exemple, qui est sujette aux tremblements de terre, continue cependant de s'étendre sur des sédiments spongieux, vestiges d'un ancien lac !

Des villes pour 2 milliards d'habitants de plus

La science et la technologie ont contribué à façonner les mégapoles d'aujourd'hui. Les techniques modernes, comme le SIG, la modélisation numérique, l'observation depuis l'espace, la méthode des scénarios et les nouvelles techniques de laboratoire, sont largement à l'origine du niveau actuel du savoir géoscientifique et de l'accessibilité généralisée des données.



La science et la technologie peuvent encore faire bien plus pour améliorer la vie des mégapoles et la rendre plus durable. La recherche en géosciences s'oriente, par exemple, vers la modélisation de scénarios modernes et complexes, assistés par SIG, et vers des systèmes d'aide à la prise de décisions. La possibilité

Le World Trade Centre de Bahreïn se compose de deux tours jumelles de 50 étages, s'élevant à 240 m de hauteur. Des éoliennes fixées à la structure produisent suffisamment d'énergie pour éclairer et climatiser les bâtiments

de mettre au point des concepts théoriques très complexes, sur les modèles de croissance de mégapoles, par exemple, ou leur développement durable, est en bonne voie.

Des idées innovantes font leur chemin, comme celle de mettre en place des cycles de ressources d'origine locale afin de rendre les villes autonomes en besoins énergétiques, alimentaires et en eau (voir *Ta ceinture verte est-elle bien verte, Sao Paulo ?*). On construit par exemple des bâtiments ayant une dépense d'énergie égale à zéro, équipés de panneaux solaires et d'éoliennes – dont certains produisent même plus d'énergie que les bâtiments n'en consomment. Autre idée innovante: la compagnie London Transport projette de mettre en circulation en 2012 des autobus hybrides fonctionnant à la fois au diesel et à l'électricité ; lorsque le véhicule freine, l'énergie qui devrait se perdre est récupérée pour recharger les batteries.<sup>4</sup> Les autorités affirment que ces bus réduiront de 89 % les émissions d'oxydes d'azote, de 83 % le monoxyde de carbone, de 38 % le dioxyde de carbone, de 40 % le combustible utilisé, et de 30 % le niveau sonore.

Si les mégapoles sont un terrain fertile pour les idées novatrices, c'est peut-être parce que leurs dimensions mêmes amplifient le problème. Nécessité est mère de l'invention, selon le dicton, et quelle plus grande motivation peut-il exister que de savoir que les villes du monde devront loger 2 milliards de nouveaux citoyens dans les 40 ans à venir ?

Eduardo F.J. de Mulder<sup>5</sup> et Frauke Kraas<sup>6</sup>

L'UNESCO organise des sessions thématiques durant le 4<sup>ème</sup> Forum urbain mondial, en novembre. Détails en p.24.

1. *Cities sinking due to excessive pumping of groundwater*: China Daily (édition de Hong Kong), 11 décembre 2003 : [www.chinadaily.com.cn/en/doc/2003-12/11/content\\_289290.htm](http://www.chinadaily.com.cn/en/doc/2003-12/11/content_289290.htm)
2. *Agrye, Maggie (2007) Metropolis strives to meet its thirst*. BBC News, 3 mai
3. *Une étude du cas d'Accra figure dans Planète Science de juillet 2008*
4. [www.fjl.gov.uk/corporate/projectsandschemes/environment/2019.aspx](http://www.fjl.gov.uk/corporate/projectsandschemes/environment/2019.aspx)
5. *Directeur exécutif, Secrétariat, Année internationale de la Planète Terre*
6. *Département de géographie, Université de Cologne, Allemagne*

## Le Bénin accueille le Campus virtuel africain

Le Bénin est devenu, le 7 juillet, le premier pays d'Afrique subsaharienne à accueillir le Campus virtuel africain de science et technologie, lors de l'inauguration officielle d'un centre d'enseignement en ligne au sein de l'Université d'Abomey-Calavi de Cotonou, en présence de Christine Ouinsavi et de Vicentia Boco, respectivement Ministre de l'instruction primaire et Ministre de l'enseignement supérieur et de la recherche du Bénin, ainsi que des administrateurs de l'UNESCO.

Le campus virtuel se voit attribuer une salle d'ordinateurs, dont l'un est équipé d'un terminal Braille à synthèse vocale pour étudiants malvoyants.

Approuvé par la Conférence générale de l'UNESCO en sa session d'octobre dernier, le Campus virtuel africain est l'un des éléments de mise en œuvre du *Plan d'action consolidé pour la science et la technologie*, adopté en janvier 2007 par l'Union africaine. Le projet de l'UNESCO met progressivement en place dans toute l'Afrique un réseau, soutenu financièrement dans un premier temps par le gouvernement espagnol, qui deviendra totalement opérationnel d'ici 2012, de centres nationaux d'enseignement en ligne, à raison d'un par pays. Ce réseau sur Internet servira à former un grand nombre d'étudiants et d'enseignants.

*Etudiant de première année, Germain Noudéhouéno Loko utilise un clavier standard et terminal Braille lors de l'inauguration du Centre d'enseignement en ligne, à l'Université d'Abomey-Calavi. « Il y a de cela trois jours, nous ne nous sommes pas imaginés devant un micro-ordinateur Braille en travaillant » a-t-il déclaré, de concert avec Joseph Moussa, à Mohamed Miloudi, de l'UNESCO, coordinateur du projet.*

*« Mais désormais, grâce à vous, nous pouvons comme nos autres frères, et sans eux dans une certaine mesure, évoluer avec le monde ». Mohamed Miloudi a ensuite passé une semaine au Centre afin de montrer aux enseignants l'usage des nouveaux instruments*



UNESCO Antenna in Cotonou

Le Campus virtuel africain travaillera en étroite collaboration avec les universités du pourtour de la Méditerranée reliées au premier réseau créé en 2002 par l'UNESCO et la Commission européenne, le Campus virtuel Avicenne. Dès le premier jour, l'Université participante de chacun des pays africains sera en mesure d'utiliser les modules élaborés durant les cinq dernières années par le réseau Avicenne. Jusqu'au jour où chacun des centres africains produira lui-même des modules qui seront mis à la disposition de toutes les institutions reliées et au Campus Avicenne et au Campus virtuel africain.

L'UNESCO lancera un Campus virtuel à l'Université d'Abidjan en Côte d'Ivoire en octobre puis, dans la première

semaine de novembre, au Sénégal où sera inauguré un réseau sous-régional pour 15 pays d'Afrique de l'Ouest.

*Pour en savoir plus : m.miloudi@unesco.org; sur le Campus virtuel Avicenne, voir Planète Science d'octobre 2006*

## L'UNESCO siège désormais au CMAST

L'UNESCO a été nommée membre du Comité directeur du Conseil ministériel africain sur la science et la technologie (CMAST), organe qui établit l'agenda de science et technologie de l'Union africaine dans le cadre du *Plan d'action consolidé pour la science et la technologie à l'horizon 2010 (PAC)*. Cette décision du 2 mai fait de l'UNESCO la seule agence des Nations unies à siéger au Comité directeur du CMAST. Cela équivaut à reconnaître officiellement la contribution que l'Organisation apporte depuis un an à la mise en œuvre du PAC.

Dix mois après la demande d'assistance adressée à l'UNESCO par l'Union africaine, la Conférence générale de l'UNESCO adoptait, en novembre 2007, le plan d'action de l'Organisation comportant trois projets phares : renforcement des compétences en politique scientifique, technologique et de l'innovation (STI) ; amélioration de l'enseignement de la science et de la technologie ; et enfin création du Campus virtuel africain.

L'année dernière, 17 pays africains<sup>7</sup> ont transmis à l'UNESCO des demandes d'assistance pour reformuler leurs politiques STI, parmi lesquels huit pays appartenant à la Communauté de développement de l'Afrique australe (SADC). La Division de politique scientifique de l'UNESCO, avec l'Institut de statistiques de l'Organisation, a planifié une réunion à Gaborone (Botswana), du 22 au 26 septembre, afin de permettre aux pays de ce groupe qui ont déjà révisé leurs politiques STI – avec ou sans l'aide de l'UNESCO – d'échanger des idées et des pratiques éprouvées avec ceux qui s'apprentent à le faire. À la veille de la réunion, l'UNESCO tiendra un atelier sur : Les statistiques et les indicateurs de science et de technologie, afin de rappeler l'importance de ces instruments dans tout examen de STI.

Grâce au soutien financier de l'Espagne et du Japon, les pays suivants ont commencé à formuler leurs politiques scientifiques : Madagascar (mai 2008), Burundi (juin 2008), République centrafricaine (juillet 2008) et Bénin (juillet 2008).

Le 1<sup>er</sup> juillet, l'UNESCO a organisé à New York un petit-déjeuner ministériel, présidé par Koïchiro Matsuura, Directeur général de l'UNESCO, lors de la Réunion spéciale à haut niveau du Conseil économique et social (ECOSOC) des Nations unies. Le thème en était : La politique STI : clé du développement durable. Les ambassadeurs présents – plus de 50 – ont souligné la contribution essentielle qu'apportent les politiques STI à la réalisation des Objectifs du millénaire pour le développement, en fournissant des bases solides pour la croissance économique et le développement durable. C'était la première table-ronde organisée

<sup>7</sup> Bénin, Botswana, Burundi, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana, Gambie, Madagascar, Malawi, Mauritanie, Niger, République centrafricaine, Rép. démocratique du Congo, Tanzanie, Togo, Zambie et Zimbabwe

par l'UNESCO au cours d'une réunion de l'ECOSOC, et le premier débat sur les politiques STI dans ce forum.

L'UNESCO préside le Cluster des Nations unies pour la science et la technologie, groupe inter-agences créé en 2003 afin de coordonner les travaux de 13 agences des Nations unies travaillant en Afrique. Le 28 avril dernier, l'UNESCO était l'organisatrice, au siège de la Commission de l'Union africaine, à Addis Abeba, de la 3<sup>ème</sup> réunion du Cluster sur le thème des politiques STI.

Depuis, l'UNESCO a été élue rapporteur du nouveau Cluster africain pour la science et la technologie. Lancé le 18 juillet par l'Union africaine, le Cluster aura pour tâche de renforcer la coordination panafricaine et d'éviter ainsi les doubles-emplois et le gaspillage des ressources pendant la mise en œuvre du PAC.

Pour en savoir plus : [www.unesco.org/science/psd](http://www.unesco.org/science/psd) ; [s.nair-bedouelle@unesco.org](mailto:s.nair-bedouelle@unesco.org)

## Le maître d'œuvre d'un institut de biologie moléculaire récompensé

**Le 10 juin, Maciej Nalecz était l'un des trois scientifiques inscrits sur la liste annuelle des décorations décernées par le président polonais en raison du rôle qu'ils ont joué dans la création et le développement de l'Institut international de biologie moléculaire et cellulaire (IIMCB).**

Cette distinction intervient 13 ans après la signature, en mai 1995, d'un accord entre le Directeur général de l'UNESCO et le premier ministre adjoint polonais portant sur la création de l'IIMCB sous les auspices de l'UNESCO. Deux années plus tard, l'Institut allait acquérir une identité juridique sous l'autorité du président de l'Académie des sciences polonaise, lorsque fut adopté un Acte du Parlement polonais à cet effet.

Cet Acte sans précédent a ouvert la voie à un chapelet d'autres centres internationaux sur le sol polonais. Ils se distinguaient tous par leurs Conseils consultatifs internationaux composés de spécialistes de premier plan, chargés de surveiller les travaux de chaque centre, organes qui n'existaient pas auparavant dans la législation nationale.

À l'époque, Maciej Nalecz dirigeait à Varsovie l'Institut Marcei Nencki de biologie expérimentale. C'est donc à l'initiative des autorités polonaises qu'il créa l'IIMCB, dont il allait devenir le premier président du Conseil consultatif international.

Même après sa nomination, en octobre 2001, comme Directeur de la Division



*Maciej Nalecz reçoit la Croix d'officier de l'Ordre de Polonia Restituta, des mains du P<sup>r</sup> Michał Kleiber, président de l'Académie polonaise des sciences, à Varsovie le 10 juin. Les Professeurs Jacek Kuznicki et Maciej Zylcz, respectivement Directeur et Chef du département de biologie moléculaire à l'IIMCB, ont reçu la même décoration*

des sciences fondamentales et de l'ingénieur à l'UNESCO, le P<sup>r</sup> Nalecz poursuit ses activités au Conseil consultatif, mais cette fois en qualité de représentant du Directeur général de l'UNESCO, comme le stipulait l'Acte du Parlement.

En dix années à peine, l'IIMCB a collectionné les premières places : il a été le premier centre scientifique d'Europe de l'Est à héberger une équipe de scientifiques de la Max-Planck Society, le laboratoire de biologie structurale, dirigé par le Dr Mathias Bohler ; le premier à partager avec l'Université d'Utrecht un programme de doctorat ; et le premier à cumuler des bourses de recherches du Wellcome Trust britannique et de la Fondation américaine Howard Hughes.

En 2003, il a été déclaré Centre d'excellence en biomédecine moléculaire par la Commission européenne. Quatre ans plus tard, le ministère polonais de l'enseignement supérieur et de la recherche le classait meilleur institut de recherches en sciences de la vie de Pologne.

L'Institut emploie actuellement plus de 80 chercheurs répartis dans neuf sections, et dispose d'un budget annuel d'environ 20 millions d'euros.

Pour en savoir plus : [www.iimbc.gov.pl](http://www.iimbc.gov.pl)

## UNCLOS laisse aux pays le temps de souffler

**Dans une décision historique, les États parties à la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (UNCLOS) ont trouvé une solution pour les pays qui peinent à faire reconnaître les limites externes de leur plateau continental avant la date limite du 13 mai 2009.**

Jusqu'ici, les États parties à l'UNCLOS étaient dans l'obligation d'apporter à la Commission des limites du plateau continental, avant le 13 mai 2009, la preuve géoscientifique que leur plateau continental s'étendait au-delà des 200 milles marins. De nombreux États membres n'étaient toutefois pas en mesure de soumettre en temps voulu la totalité des données scientifiques et techniques, ce qui les privait de la possibilité de faire valoir leurs justes revendications.

La décision adoptée lors de la réunion de l'UNCLOS à New York, du 13 au 20 juin, spécifie que la date limite sera considérée comme respectée dès lors que « sera soumis au Secrétaire général [de l'ONU] une information préliminaire indiquant les limites externes de leur plateau continental au-delà des 200 milles marins, ainsi que des précisions sur l'état des préparatifs et la date prévue pour la remise du dossier, conformément aux dispositions de l'article 76 de la Convention (...) ».

« Cela signifie qu'un pays auquel s'applique la date limite a tout de même l'obligation de soumettre au Secrétaire général, à la date prévue, les informations préliminaires requises », explique Aurora Mateos, de la Commission océanographique intergouvernementale de l'UNESCO, « mais il est autorisé à indiquer, au moment où il le fait, la date qui lui convient le mieux pour compléter son dossier ».

Pour en savoir plus, voir Planète Science de juillet 2008 ; [e.desa@unesco.org](mailto:e.desa@unesco.org) ; [a.mateos@unesco.org](mailto:a.mateos@unesco.org)

## Kanawinka rejoint le réseau mondial des géoparc

Le géoparc de Kanawinka, en Australie, est devenu, le 22 juin, le 57ème membre du Réseau mondial des géoparc nationaux de l'UNESCO, dès l'ouverture de la 3ème Conférence internationale sur les géoparc, réunie à Osnabrück (Allemagne). Kanawinka est également le premier géoparc australien à rejoindre le réseau mondial.

D'autres géoparc désireux d'intégrer le réseau – en Afrique du Sud, au Brésil, au Canada, en Corée, Croatie, Finlande, Hongrie, Inde, Japon, Malaisie, Norvège, Slovénie, Suède et en Oman – ont fait valoir, à Osnabrück, leurs charmes géologiques, car seuls les sites exceptionnels peuvent prétendre rejoindre le réseau. Six des 11 géoparc nationaux allemands y ont déjà été admis, parmi lesquels TERRA.Vita, qui accueillait la réunion de juin.

Durant ces quatre journées, plus de 350 spécialistes des sciences de la terre ont exposé des moyens de faire partager avec le grand public leur passion de la géologie, par une immersion dans les géoparc agrémentée de géotourisme, de pédagogie et d'esthétisme.

En parallèle, le géoparc TERRA.Vita animait un chantier de jeunesse réservé à plus de 40 adolescents de 12 à 15 ans venant de dix géoparc de toute l'Europe ; ils étaient réunis autour du slogan « Découvrez votre géoparc ». Les jeunes ont appris à appréhender la Terre par le biais de l'art, par des ateliers de photographie de la nature, de taxidermie de fossiles



©City of Mount Gambier

Lorsque revient le mois de novembre, le lac Bleu du mont Gambier du géoparc Kanawinka commence mystérieusement à passer du bleu acier de l'hiver à un ton turquoise vif, avant de revenir à un ton sombre de bleu acier, à partir de mars. Aucun autre lac au monde ne change aussi spectaculairement de couleur avec les saisons. Ce processus commence lorsque l'eau tombant dans le lac après avoir ruisselé sur les roches se charge de calcaire ; les algues mortes et la végétation terrienne (substances humiques) subissent alors une attraction chimique pour la calcite, et y adhèrent encore en tombant au fond du lac au moment où celui-ci se réchauffe. Lorsque disparaissent les substances humiques au-dessus des rochers, la couleur naturelle bleue devient plus éclatante

et d'archéologie expérimentale. Le succès du chantier de jeunesse a convaincu les gestionnaires de TERRA.Vita de créer un programme d'échanges régulier de jeunes gens entre les géoparc européens. « Si nous voulons parler de développement durable », a remarqué Timo Kluttig, l'un des organisateurs de la conférence, « commençons par en parler aux jeunes ».

C'est le géoparc de Langkawi, en Malaisie (voir p.20) qui sera l'hôte, en 2010, de la prochaine conférence internationale de l'UNESCO sur les géoparc.

Informations : [m.patzak@unesco.org](mailto:m.patzak@unesco.org); [www.mountgambiertourism.com.au](http://www.mountgambiertourism.com.au)

## Début du projet européen sur l'acidification de l'océan

La Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'UNESCO s'est associée à un consortium qui regroupe plus de 100 scientifiques venant de 27 organisations appartenant à neuf pays, sur un projet de recherche de l'Union européenne (UE) concernant l'acidification de l'océan.

Le projet européen sur l'acidification de l'océan (EPOCA) a été lancé le 10 juin. Doté d'un budget de 16,5 millions d'euros sur quatre ans, il va recueillir les informations sur l'acidification de l'océan, étudier son impact sur les processus biologiques, prévoir ses conséquences pour les 100 prochaines années et conseiller les décideurs politiques sur les éventuels seuils et points de basculement à ne pas dépasser.

Par le biais de son Projet international de coordination des données sur le carbone océanique, la COI de l'UNESCO collaborera avec EPOCA afin d'assurer la coordination des activités de recherche avec les partenaires n'appartenant pas à l'UE. Elle créera également un groupe de travail sur l'établissement de normes internationales et de meilleures pratiques en matière d'expériences d'acidification de l'océan.

Du 6 au 9 octobre, la COI de l'UNESCO réunira une deuxième conférence sur Les océans dans un monde à forte concentration en CO<sub>2</sub>. Quelque 300 scientifiques passeront en revue les connaissances actuelles concernant l'impact de l'acidification de l'océan sur l'écosystème marin et élaboreront des priorités et des stratégies de recherches consensuelles sur le plan international.

Pour en savoir plus : <http://epoca-project.eu>; [www.ioccp.org](http://www.ioccp.org), [m.hood@unesco.org](mailto:m.hood@unesco.org); sur le Réseau d'acidification de l'océan de l'UNESCO-COI: [www.ocean-acidification.net](http://www.ocean-acidification.net)



©K. Zöttl



L'art imite la géologie dans cette représentation du Nördlinger Ries, géoparc national d'Allemagne situé autour du cratère d'impact d'une météorite. La scène peinte par Klaus Zöttl a été réalisée avec des minéraux trouvés sur le site, comme la suévide et le Bunte Breccia, mélange coloré d'argile et de différents grès triassiques, et d'argiles foncées jurassiques. Il y a environ 15 millions d'années, une météorite de près d'1 km de diamètre a heurté le Plateau d'Alb à la vitesse d'environ 70 000 km/h et creusé dans la croûte terrestre un cratère initial de 12 km de diamètre (qui mesure aujourd'hui 25 km), sur 1 km de profondeur, en détruisant toute vie dans un rayon de 100 km. L'impact a donné lieu à un type de roche tout à fait inédit, la suévide, mélange de roche en fusion et de la roche cristalline du socle fracassé, qui se déposa dans le cratère et aux alentours

---

## Coup d'envoi de GRAPHIC-Afrique

**Nous avons peu de connaissances sur l'impact de la variabilité et du changement climatiques sur les eaux souterraines de l'Afrique. Afin de combler cette lacune, des experts en eaux souterraines et des climatologues réunis à Kampala (Ouganda), du 24 au 28 juin, ont lancé la composante africaine du projet de l'UNESCO sur l'Évaluation des ressources en eaux souterraines qui subissent les pressions exercées par l'activité humaine et les changements climatiques (GRAPHIC).**

Dans de nombreux pays, notamment en Afrique, les eaux souterraines sont la principale source d'eau douce. Si nous connaissons assez bien la réaction des flux de surface aux changements climatiques, il n'en va pas de même pour l'impact des changements climatiques et des activités humaines sur les eaux souterraines dans le monde, pour la raison évidente de leur invisibilité et de la difficulté de les évaluer.

Afin d'y remédier, le projet GRAPHIC a créé des réseaux régionaux d'experts dans les régions Amérique latine et Caraïbes, Asie et Pacifique, Europe et Amérique du Nord. En mettant en rapport les chercheurs du monde entier, GRAPHIC leur permet de partager leurs résultats et leurs expériences. Bien que chaque cas soit unique, des phénomènes communs ont cependant été observés, tels qu'une corrélation entre l'élévation des températures de surface et des températures souterraines (voir p.6).

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ayant confirmé, l'année dernière, que l'Afrique est le continent le plus vulnérable aux changements climatiques, il est apparu urgent de mettre en place des réseaux de points de repère et de surveillance qui permettront de dégager des tendances à moyen et long terme, et de formuler des prévisions. Celles-ci, à leur tour, serviront de fondement aux prises de décisions politiques.

Parmi les participants à la conférence de Kampala, il y avait des spécialistes des sciences de l'eau et du climat, des gestionnaires et des décideurs de 23 pays africains. La participation active d'une dizaine de parlementaires et de plusieurs ministres ougandais, éthiopiens et du Sud-Soudan a été particulièrement significative, étant donné l'importance de ce dialogue entre politiques et scientifiques : la gestion durable des eaux souterraines en Afrique devra nécessairement s'appuyer sur des institutions nationales fortes et des cadres juridiques solides. Quelque 60 experts venant de 16 pays africains étaient présents lors du lancement de GRAPHIC-Afrique au cours de la conférence.

GRAPHIC-Afrique pourra puiser dans le corpus de connaissances complémentaires acquises par d'autres projets de l'UNESCO, comme celui de l'Initiative sur la gestion des ressources des aquifères transnationaux (ISARM), qui a cartographié, jusqu'à présent, 39 aquifères transfrontaliers d'Afrique<sup>8</sup>.

En septembre, l'UNESCO a lancé un appel à contributions pour la préparation d'études de cas nationaux dans le cadre de GRAPHIC-Afrique. Théoriquement, chacune devrait retracer

---

8. Voir Planète Science de juillet 2007

l'histoire des eaux souterraines dans une partie précise du pays. Cela constituera un point de départ pour prévoir comment la ressource pourrait réagir aux variations futures du climat. La date limite de soumission des contributions est fixée au 31 décembre.

Pour en savoir plus : [h.treidel@unesco.org](mailto:h.treidel@unesco.org); [makoto@chikyu.ac.jp](mailto:makoto@chikyu.ac.jp);  
voir également le nouveau document de cadrage de GRAPHIC page 24

---

## Des merveilles géologiques rejoignent le Patrimoine mondial

**Plusieurs des 27 sites ajoutés, entre le 6 et le 10 juillet, à la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO présentent un caractère exceptionnel au plan géologique. Ce sont, par exemple, au Canada, les falaises fossiles de Joggins, en Chine le parc national du mont Sanqingshan, avec ses 48 pics de granit, en Islande l'île volcanique de Surtsey, en Suisse le haut-lieu tectonique de Sardona et en France les lagons de Nouvelle-Calédonie avec leurs récifs vivants ou fossiles.**

Les trois autres sites naturels ajoutés à la Liste sont Saryarka – steppe et lacs du Kazakhstan septentrional (Kazakhstan), la Réserve de biosphère du papillon monarque (Mexique) et l'archipel de Socotra (Yémen).

Dix-neuf sites culturels ont également été inscrits sur la Liste, comme Al-Hijr (Madâin Sâlih) en Arabie saoudite, qui comporte 111 tombeaux et des puits attestant la maîtrise de l'architecture et l'expertise hydraulique de la civilisation des Nabatéens d'il y a 2000 ans.

Le Comité du patrimoine mondial a inscrit ces nouveaux sites dans la ville de Québec (Canada), site du Patrimoine mondial depuis 1985, qui célèbre actuellement son 400<sup>ème</sup> anniversaire.

La Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO compte aujourd'hui 878 sites dans 145 pays : 679 culturels, 174 naturels et 25 mixtes.

Pour plus d'informations et de photos : [www.unesco.org/en/whc/](http://www.unesco.org/en/whc/)



L'île de Surtsey est née, entre 1963 et 1967, d'une série d'éruptions volcaniques. À l'écart de toute influence humaine, ce laboratoire naturel vierge, de 141 ha, situé à 32 km au sud de l'Islande continentale, est une source inestimable de renseignements sur le processus de colonisation d'un nouveau territoire par la flore et la faune. Depuis qu'ils étudient cette île, les scientifiques ont vu arriver des graines apportées par les courants marins et apparaître des moisissures, des bactéries et des champignons, suivis, en 1965, de la première plante vasculaire, dont 10 espèces étaient représentées au bout d'une décennie. Fin 2004, il y en avait 60, entourées de 75 bryophytes, 71 lichens et 24 champignons. Quatre vingt neuf espèces d'oiseaux ont été observées à Surtsey et 335 espèces d'invertébrés

Patricia M. Glibert

## Les scientifiques s'élèvent contre la fertilisation de l'océan par l'urée



L'augmentation alarmante des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère donne lieu à d'innombrables plans d'ingénierie géologique visant à contrer les effets du changement climatique. L'un des plus extravagants propose même de placer en orbite un parasol géant qui rafraîchirait la planète ! Plus terre à terre sont les plans visant à injecter du CO<sub>2</sub> dans le sol, ou dans l'océan, en profondeur, afin de le « fertiliser ». L'océan est une cible tentante, car il absorbe environ le tiers du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Ces dernières décennies, plusieurs expériences controversées ont « fertilisé » des régions de l'océan avec du fer pour tenter de stimuler la croissance du plancton en surface. Aujourd'hui, c'est l'urée qui jouerait ce rôle. Comme le plancton absorbe le carbone par photosynthèse, l'accélération de sa croissance débarrasserait l'atmosphère d'une grande masse de carbone, selon la théorie. Puis, en mourant, le plancton transporterait le carbone au fond de l'océan, l'y stockant pour des milliards d'années. Cette idée fait frémir beaucoup de spécialistes en biologie et climatologie marines : nous ne savons tout simplement pas si cette opération ne déclencherait pas des efflorescences incontrôlées d'algues nuisibles, qui pourraient priver d'oxygène de vastes portions de l'océan. Ce soupçon n'a pas empêché certaines entreprises de proposer de déverser dans la mer de grandes quantités d'urée.

Dans un document adopté le 30 mai et qualifié par certains spécialistes de moratoire *de facto*, les délégués de 191 pays à la 9<sup>ème</sup> conférence des parties à la Convention sur la diversité biologique (CDB) ont demandé à tous les pays d'interdire toute fertilisation de l'océan tant qu'une base scientifique satisfaisante n'aura pas été constituée. Les délégués sont convenus que la CDB devrait prendre conseil auprès de la Convention de Londres pour décider de la conduite à tenir en matière de régulation de la fertilisation. Ici, Patricia Glibert, du Centre pour la science de l'environnement de l'Université du Maryland, aux États-Unis, nous emmène dans les coulisses de ce débat passionné.

### Pourquoi passer du fer à l'urée pour la fertilisation ?

Plus d'une douzaine de vastes expériences d'enrichissement par le fer ont été menées dans l'océan depuis 20 ans. Elles ont, pour la plupart, ajouté du fer dans le Pacifique nord-équatorial, le Pacifique subarctique et l'océan Austral, connus pour contenir d'amples réserves d'azote et de phosphore mais peu de fer, donc, peu de phytoplancton.

Ces expériences ont régulièrement montré qu'une efflorescence de phytoplancton peut être « manufacturée ». Mais elles ont moins bien réussi à démontrer que la biomasse de carbone produite (les algues) pourrait être exportée vers les grands fonds océaniques, même pour de courtes périodes, sans parler d'un temps assez long pour produire un effet sur le climat. Entretemps, le marché de la réduction du carbone, qui se développe rapidement, attire de nouvelles entreprises. Si la prolifération du phytoplancton peut éliminer le carbone en le faisant plonger au fond de la mer, le marché de ces pièges à carbone pourrait être énorme, surtout si un système international de quota d'échanges du carbone était adopté.

Dans les régions où c'est le manque d'azote et non de fer qui limite la croissance du plancton, un apport d'azote est proposé pour stimuler de nouvelles efflorescences. Nous assistons ainsi, depuis quelques années, à l'émergence de nouveaux projets proposant de fertiliser les océans grâce à l'une des formes de l'azote, l'urée. C'est là le principal fertilisant azoté utilisé en agriculture : on en déduit que son effet sur la croissance des végétaux peut être répétée dans la mer. Les tenants de ce plan ne se contentent pas de suggérer que le carbone sera puisé dans l'atmosphère : ils prétendent que la production de poisson en sera accrue.

Si l'urée est un produit naturel excrété par de nombreux animaux sous forme d'urine, on la produit aussi de façon industrielle en faisant réagir du CO<sub>2</sub> et de l'anhydride d'ammonium sous une pression et une température élevées. Le mélange en fusion est alors transformé en liquide ou en granulés pour être commodément utilisé. Pour l'enrichissement en mer, l'idée consiste à injecter de l'urée par une canalisation venant d'une usine située sur le littoral. Ce processus consomme beaucoup d'énergie, généralement fournie par du gaz naturel. Il y a donc quelque chose de paradoxal dans l'idée d'utiliser un produit issu des combustibles fossiles pour créer une biomasse qui servira à séquestrer un carbone atmosphérique dérivé de la combustion de produits fossiles !

Plusieurs entreprises espèrent tirer profit de la fertilisation de l'océan. L'une d'entre elles a son siège en Australie : l'Ocean Nourishment Corporation vient de proposer d'enrichir la mer de Sulu, aux Philippines, qui abrite le Parc du récif marin de Tubbataha, inscrit au Patrimoine mondial de l'UNESCO, en y déversant 1 000 tonnes d'urée. Elle a également ciblé le golfe Persique comme site potentiel d'une expérience similaire.

### Pourquoi ce plan a-t-il été jugé irresponsable ?

L'enrichissement par l'urée suscite des inquiétudes similaires à celles qui ont été exprimées à propos de l'enrichissement par le fer. À supposer que de vastes efflorescences se produisent, qu'elles se déposent et se décomposent, la zone pourrait se trouver privée d'oxygène (en hypoxie). Les « zones mortes » en manque d'oxygène seraient non seulement mal équipées pour stimuler la production de poisson, elles pourraient en outre produire d'autres gaz à effet de serre, car du méthane (CH<sub>4</sub>)

et de l'acide nitrique (N<sub>2</sub>O) peuvent être produits par la dégradation microbienne de la matière organique dans un milieu pauvre en oxygène. La production de ces gaz annulerait les bienfaits potentiels de la séquestration du carbone atmosphérique.

Tous les plans d'enrichissement et de fertilisation de l'océan se heurtent à l'impossibilité d'en mesurer les résultats. Quantifier le flux du carbone vers le fond de l'océan – ou le gain de productivité des pêcheries du fait d'un accroissement de la production d'algues – n'est pas chose facile. Une bonne partie du carbone est recyclée avant de sombrer dans la chaîne alimentaire microbienne. Une autre partie peut être transportée par les courants, ayant des effets loin du lieu de fertilisation. L'imagerie satellitaire, méthode proposée par l'Ocean Nourishment Corporation, n'y suffit pas, car elle peut vérifier l'efflorescence subsurface, mais non sa composition, ni la vitesse à laquelle elle sombrera.

L'un des risques que pose l'enrichissement par l'urée plutôt qu'en fer, et qui peut être encore plus sérieux, est la prolifération possible de microalgues productrices de toxines, les dinoflagellés. Dans de nombreuses zones côtières du monde, où l'urée est le principal élément de fertilisation de l'agriculture par les nitrates, et où le ruissellement de ce nutriment enrichit les eaux littorales, la fréquence et la durée de vie des dinoflagellés à toxines ont augmenté.

Aux Philippines, lieu de la récente proposition de fertilisation par l'urée, on trouve parmi les dinoflagellés à toxines connues, le *Pyrodinium bahamense* et le *Gymnodinium catenatum*, qui provoquent toutes deux l'intoxication paralysante par les fruits de mer, ainsi que la *Cochlodinium sp.*, qui provoque la mortalité des poissons. Dans le pays, de nombreuses personnes sont mortes pour avoir consommé des fruits de mer contenant des toxines paralysantes. Il y a donc là un risque certain d'augmentation potentielle de la contamination des fruits de mer. On a même constaté qu'au moins pour certaines espèces, le taux de toxines des dinoflagellés augmente sous l'effet de l'urée ajoutée. En outre, beaucoup de dinoflagellés connaissent, dans leur cycle vital, des périodes de repos pendant lesquelles les cellules peuvent produire une nouvelle efflorescence si les conditions sont favorables, même après la fin de l'enrichissement par l'urée.

Des études en laboratoire montrent que les algues bleu-vert, les cyanobactéries, ont une forte capacité d'absorption de l'urée par rapport à d'autres espèces de phytoplancton. Plusieurs espèces de ce groupe n'ont pas tendance à sombrer. L'une d'elles, le *Trichodesmium*, peut former de vastes nappes d'écume qui sont visibles depuis l'espace, mais qui n'entraînent cependant pas le carbone vers le fond de l'océan !

### Comment la communauté scientifique a-t-elle mis fin à l'expérience des Philippines ?

Dans le cas précis du plan d'enrichissement par l'urée aux Philippines, une équipe de 57 scientifiques de 18 pays<sup>9</sup> ont conjugué leurs connaissances du métabolisme de l'urée, de la physiologie des algues, des efflorescences d'algues nuisibles, de l'eutrophisation, de l'hypoxie et de l'océanographie régionale locale, ainsi que de l'économie des programmes de « capture et négociation » du carbone pour publier, en juin,<sup>10</sup> un article scientifique sur leurs inquiétudes. Les arguments mis en avant – que j'ai résumés plus haut – furent par ailleurs présentés aux responsables philippins par des scientifiques nationaux.

Le Fonds mondial pour la nature et d'autres organismes ont, eux aussi, exprimé leurs préoccupations. Elles ont été entendues et le gouvernement philippin a refusé à l'Ocean Nourishment Corporation l'autorisation de mettre en œuvre son plan.

### Les scientifiques sont-ils unanimes sur cette question ?

L'inquiétude sur la fertilisation de l'océan est générale. Au sujet des expériences utilisant le fer, elle s'est exprimée depuis plusieurs années. Outre l'inquiétude sur ces expériences, exposée dans les revues scientifiques et par des citoyens à leurs propres gouvernements, plusieurs organismes scientifiques ont émis des mises en garde contre les expériences d'enrichissement de l'océan et le souhait que soient vérifiés les résultats par des arbitrages impartiaux. Parmi eux : le Comité scientifique de la recherche océanique (SCOR) et le Groupe mixte d'experts chargé d'étudier les aspects scientifiques de la protection de l'environnement marin (GESAMP), organe indépendant et international consultatif des Nations unies, ainsi que deux programmes internationaux, l'Étude de l'interface entre la basse atmosphère et la couche de surface océanique (SOLAS) et l'Écologie et l'océanographie des efflorescences algales nuisibles à l'échelle mondiale (GEOHAB). Ce dernier est soutenu par la COI de l'UNESCO et le SCOR.

Plusieurs conventions ont suivi cet exemple. La Convention de Londres, sous les auspices de l'Organisation maritime internationale, fait étudier par un groupe de travail les aspects scientifiques et réglementaires des expériences de fertilisation à grande échelle de la haute mer. En mai de cette année, la COI de l'UNESCO a été invitée à participer aux débats de ce groupe de travail qui, en réponse aux questions scientifiques et techniques posées par un autre organisme, le Groupe scientifique sur la Convention de Londres, a émis un avis unanime confirmant ces inquiétudes. À la fin du même mois, la Convention sur la diversité biologique a estimé qu'au vu des incertitudes quant aux conséquences de la fertilisation de l'océan, les opérations à grande échelle dans ce sens ne se justifiaient pas.

Bien qu'il nous reste encore beaucoup de choses à comprendre sur la façon dont les océans pourraient réagir à des expériences d'enrichissement de grande envergure, que ce soit avec de l'urée, du fer ou d'autres éléments, leur impact sur l'environnement peut être considérable, notamment dans les zones où la diversité biologique est importante et les ressources marines vivantes sont vitales pour l'économie locale. Il existe de grandes inquiétudes sur la fertilisation par l'urée et sur l'apparition possible d'algues nuisibles et d'hypoxie. L'espoir d'augmenter la production de poisson ou de vendre des crédits de carbone, fondé sur les bienfaits attendus de la séquestration à long terme du carbone, est pour le moins prématuré.

Entretien réalisé par Henrik Enevoldsen<sup>11</sup>

Pour en savoir plus : [glibert@hpl.umces.edu](mailto:glibert@hpl.umces.edu)

Sur les effets croissants des efflorescences d'algues nuisibles sur les pêcheries et la santé humaine, voir Planète Science de juillet 2006

9. Venant d'Afrique du Sud, Allemagne, Australie, Chine, Rép. de Corée, Danemark, États-Unis, France, Indonésie, Irlande, Japon, Koweït, Malaisie, Oman, Philippines, Royaume-Uni, Suède et Vietnam

10. Glibert, P.M. et coll. (2008) Ocean urea fertilization for carbon credits poses high ecological risks. Marine Pollution Bulletin 56: 1043-1236

11. Programme GEOHAB : [h.enevoldsen@unesco.org](mailto:h.enevoldsen@unesco.org)

# Le savoir des Mayangnas au cœur de la Mésoamérique



L'une des dernières vastes étendues de la forêt pluviale tropicale d'Amérique centrale borde la frontière entre le Nicaragua et le Honduras. Cette zone transfrontalière, qui comprend au Nicaragua la Réserve de biosphère de Bosawas et au Honduras celle du Rio Plátano, est désormais connue comme le Cœur du couloir biologique mésoaméricain. Deuxième forêt pluviale du continent américain, par sa dimension, après l'Amazonie, elle revêt une extrême importance pour la préservation de la biodiversité de l'Amérique Centrale. Cette région est aussi le lieu de vie des peuples autochtones Mayangnas et Miskitos, qui occupent ces territoires depuis des siècles.

Malheureusement, l'avancée constante de la frontière agricole, l'abattage illégal des arbres et le trafic organisé des espèces végétales et animales menacent aujourd'hui la diversité biologique et culturelle de la région. Les communautés mayangnas et miskitos de la Réserve de biosphère de Bosawas refusent de rester des témoins passifs.

Dans leur lutte pour défendre leurs terres ancestrales, ces communautés se sont d'abord lancées dans un processus de revendication foncière, qui a abouti, en mai 2005, à l'attribution par le gouvernement nicaraguayen de titres de propriété à 86 communautés mayangnas et miskitos. Cet accord leur garantit des droits pleins et entiers sur les terres exploitées pour l'agriculture, la chasse et la cueillette, ainsi que des droits partagés avec l'État sur les zones protégées, moins accessibles, des hautes terres de la cordillère Isabelia. Ensemble, les territoires autochtones et les zones en cogestion couvrent la majeure partie de la zone centrale de Bosawas.

Des études récentes ont révélé qu'en balisant les limites de leurs territoires, et en y effectuant des patrouilles de manière pacifique, les Mayangnas et les Miskitos ont réussi à arrêter le déboisement de la réserve de Bosawas. Ce résultat, documenté grâce à l'imagerie satellitaire, est d'autant plus remarquable que la frontière agricole avait rapidement progressé sur de vastes étendues et pénétré sans résistance dans l'aire centrale de la réserve, où seules la vigilance et la détermination des communautés autochtones sont parvenues à l'arrêter.<sup>12</sup>

## Notre peuple est humble mais fier

Qui pourrait mieux présenter les Mayangnas qu'eux-mêmes ?

*Nous sommes un groupe autochtone vivant sur les berges des petits affluents des fleuves Prinzapolka, Coco et Wawa. Notre peuple est humble mais en même temps très fier... Notre culture est très différente de celle des autres groupes d'autochtones et de celle des métis.*

*Nous protégeons la nature et continuons à vivre entourés d'êtres vivants, plantes et animaux.*

Au Nicaragua, la population mayangna est estimée à 20 000 personnes, dont environ un tiers vit dans les territoires autochtones de la Réserve de biosphère de Bosawas. Le mode de vie contemporain des Mayangnas repose essentiellement sur une agriculture tournée vers la production de riz, de haricots, de bananes et de yucca mais les activités traditionnelles de chasse, de pêche et de cueillette conservent une grande importance. De fait, dans beaucoup de communautés mayangnas, la pêche reste la première source de protéines.

À l'issue de réunions tenues en fin 2003 avec des assemblées de leaders mayangnas et de membres des communautés d'Amak, Arangdak et Santo Tomas de Umra, le programme Systèmes de savoirs locaux et autochtones (LINKS) de l'UNESCO a lancé un projet visant à documenter le savoir collectif et la vision du monde du peuple Mayangna. L'année suivante, une équipe très soudée de Mayangnas dirigée par Nacilio Miguel d'Arangdak,

*Une femme Mayangna fait part de ses connaissances sur le poisson qu'elle a pêché, un mupih, ou centropome (Centropomus undecimalis)*



© Paule Gros

entreprit une étude de terrain dans les communautés de la rivière Lakus. L'étude s'est réalisée sous la direction scientifique de Paule Gros, spécialisée en biologie de la conservation, et sous la supervision de l'ethnobiologiste Douglas Nakashima, de l'UNESCO, tous deux auteurs du présent article.

Alors que le projet s'est concentré sur les communautés de la rivière Lakus, afin d'acquérir une connaissance approfondie du savoir mayangna dans une localité donnée, de nombreuses consultations ont été organisées, à partir de 2005, avec des représentants des autres communautés mayangnas, en vue de garantir que les travaux et la publication qui s'ensuivrait seraient le bien commun de tous les Mayangnas de Bosawas, ainsi que les leaders eux-mêmes l'avaient demandé.

Pour les Mayangnas, cet ouvrage, intitulé *Conocimientos del pueblo Mayangna sobre la convivencia del hombre y la naturaleza: peces y tortugas*,<sup>13</sup> a un double objectif : répondre au désir exprimé par les populations mayangnas de sauvegarder leur patrimoine immatériel, notamment leurs connaissances de la nature et de l'univers; et créer à cette fin un outil pédagogique en mayangna et en espagnol à l'usage des écoles. Ce volume permettra également de prouver à la communauté scientifique la profondeur et l'étendue du savoir local sur le milieu naturel et, par suite, le rôle essentiel que les Mayangnas doivent jouer dans l'utilisation et la gestion durables des vastes territoires d'où ils tirent leurs moyens d'existence, et dont fait partie la Réserve de biosphère de Bosawas.

### L'histoire de deux tortues

L'une des légendes que les Mayangnas continuent de partager avec leurs enfants est celle de deux tortues, appelées dans leur langue *kuah* et *ahsa* : la tortue à tempes jaune connue localement comme « tortue blanche » (*Trachemys venusta venusta*) et le Rhinoclemmyde funèbre, connu localement comme « tortue noire » (*Rhinoclemmys funerea*). Autrefois, selon ce conte, la tortue blanche et la tortue noire vivaient ensemble dans les profondeurs d'une rivière. Or, *yapu*, le crocodile d'Amérique (*Crocodylus acutus*), dévorait beaucoup de tortues, avec une nette préférence pour les tortues noires, car il semblait être ami avec la tortue blanche. À contrecœur, la tortue noire décida de fuir pour survivre. Elle se réfugia près de la source de la rivière, où n'habitait aucun crocodile. C'est pourquoi la tortue blanche vit aujourd'hui dans la partie inférieure des fleuves aux côtés du crocodile, alors que la tortue noire fréquente les ruisseaux de l'amont, où elle est devenue l'amie du *was nawahni*, le tigre d'eau, avec qui elle partage des grottes le long des berges.

L'histoire de *kuah* et *ahsa* entremêle les connaissances écologiques des Mayangnas et leur unique cosmogonie du monde dans lequel ils vivent. En effet, elle spécifie les différences de distribution et d'habitats favorisés des deux espèces de tortues ainsi que leurs liens avec les grands prédateurs ou 'partenaires' avec lesquels elles coexistent, le crocodile et le tigre d'eau. Cette dernière créature est, par ailleurs, un être mystérieux, inconnu de la science, dont les origines pourraient se trouver dans les cosmologies, partagées par de nombreuses cultures amérindiennes, selon lesquelles le monde terrestre possède son équivalent dans un monde aquatique souterrain peuplé de créatures aquatiques.

L'histoire de la tortue blanche et de la tortue noire est l'un des innombrables trésors que les Mayangnas sont en train de répertorier et se préparent à publier l'année prochaine, dans *Conocimientos del pueblo Mayangna sobre la convivencia del hombre y la naturaleza*. Ce volume abondamment illustré est centré sur *was dini balna*, les choses vivantes du milieu aquatique, notamment les poissons et les tortues.



Dessin de Cristobal Thamy illustrant la légende mayangna de la tortue blanche et de la tortue noire et leur heureuse alliance avec le crocodile pour l'une, et le tigre d'eau pour l'autre

### Percer à jour les secrets des poissons et des tortues de Bosawas

Si certaines recherches scientifiques ont été menées, aucune étude systématique des poissons et des tortues de la Réserve de biosphère de Bosawas n'a jamais été effectuée. De sorte que les connaissances scientifiques restent approximatives et se fondent essentiellement sur l'extrapolation de recherches menées dans d'autres parties d'Amérique centrale, voire de zones plus éloignées. Le savoir mayangna offre donc des informations et des interprétations complémentaires aux données scientifiques actuelles et peuvent combler leurs lacunes, tout au moins partiellement.

Les informations fournies par les Mayangnas, dans le cadre de ce projet de LINKS, attestent de l'étendue et de la précision de leurs connaissances des poissons et des tortues de Bosawas. Ils

affirment par exemple que *angh-angh* (*Pomadasys croco*) peut se rencontrer bien en amont des rivières, alors que les scientifiques associent en général cette espèce au milieu côtier.

Leurs descriptions du *mulalah*, le guapote (*Parachromis dovii*), révèlent que les femelles des populations locales sont souvent de couleur jaune. Cette coloration, commune à Bosawas, est rarement observée ailleurs. Les Mayangnas évoquent également dans le cas du *susum*, le chulín de Guatemala (*Rhamdia guatemalensis*), des migrations hivernales massives en direction de l'amont des rivières. En certains lieux bien connus de son itinéraire de migration, le *susum* peut se faire capturer facilement, et en grande quantité. La littérature scientifique ne fait pas état d'un tel phénomène.



Un homme en pirogue pêche à l'arc

*La kikilwi (migration) du susum ne se produit qu'en des lieux spécifiques. Elle n'a lieu qu'en hiver. Pendant sa migration, ce poisson est facile à capturer en grande quantité car il est alors très docile. On peut en pêcher jusqu'à 30 livres (14 kg) d'un coup.*

Dans un autre domaine, certaines espèces servent d'indicateurs d'un changement de saison ou d'événements exceptionnels. Par exemple, lorsque le *musiwa*, un centropome (*Centropomus spp.*), saute hors de l'eau, c'est le signe certain de l'arrivée de l'hiver. *Ahsa*, la tortue noire, signale un autre phénomène, très différent. Les Mayangnas savent que les tortues noires ne sont pas assez vigoureuses pour résister à un courant puissant. Lorsqu'ils les voient partir à la dérive, l'une après l'autre, cela les prévient de l'imminence d'une crue.

*Quand je vois que la rivière charrie des ahsa à la dérive, et que cela se produit une seconde fois, alors je suis sûr qu'il y aura une forte crue.*

Un dernier exemple de la profondeur du savoir mayangna et de son application à la gestion des ressources est la capacité de ce peuple à importer des espèces de poissons. Le *pahwa* (*Vieja maculicauda*), par exemple, n'est pas natif de la rivière Waspuk. Il y a quelques générations, ce poisson, d'un grand intérêt alimentaire, a été volontairement transporté par les Mayangnas, en grande quantité, de la rivière Wawa à la rivière Waspuk. Ce transfert a bien réussi, et aujourd'hui cette espèce s'y pêche en grandes quantités. L'étymologie du nom actuel de ce poisson, *pahwa* en langue mayangna, témoigne de cet événement, car *pah Wawa* signifie « venant de Wawa ».

Mais les Mayangnas ont connaissance d'une introduction plus récente qui, elle, provoque une grande inquiétude. Il s'agit de celle d'une espèce invasive à laquelle ils n'ont pas encore donné de nom, le tilapia (*Oreochromis spp.*). Ils utilisent le nom miskito de *krahna*. On dit que ce poisson s'est échappé des élevages situés dans le réservoir d'Apanas, ou dans le cours supérieur du fleuve Coco. Il a envahi le bassin versant de ce fleuve lors des inondations provoquées par l'ouragan Juana en 1988. Année après année, les Mayangnas ont assisté impuissants à la progression de cette espèce invasive, d'une rivière à l'autre, le long du fleuve Coco. Ils ont gardé en mémoire les étapes de ce phénomène,

qui s'est accompagné du déclin d'espèces locales de poissons en raison de la compétition et de la prédation dues au *krahna*.

### Entrelacer la diversité biologique, culturelle et linguistique

Le savoir mayangna ne se limite pas à une collection d'observations empiriques, pour utiles qu'elles puissent être comme compléments du savoir scientifique et ciment de la cogestion entre l'État et les autochtones. Comme le montre la légende des deux tortues, le savoir mayangna est une tapisserie complexe qui entrelace l'empirique et le symbolique, la nature et la culture, dans une vision unifiée et unique du monde qui est celle des autochtones.

Ce projet de LINKS présente une grande gamme d'informations sur les trente espèces de poissons et six espèces de tortues connues des communautés mayangna de Bosawas. Cela comprend les techniques nouvelles et anciennes pour localiser, attirer et capturer ces animaux, ainsi que la façon de les préparer pour la consommation ou à d'autres fins.

Ce projet s'intéresse également à la vision du monde dans laquelle sont ancrés le savoir et le savoir-faire relatifs au monde aquatique. Il comporte par exemple d'importantes prescriptions et proscriptions concernant *liwa*, le principal esprit de ce monde aquatique, auquel certains poissons et tortues sont étroitement associés. S'ils ne sont pas traités avec le respect qui leur est dû, le fauif peut en souffrir, de maladie ou d'autres maux. Le respect signifie, entre autres, de ne pas prélever plus de poisson que nécessaire.

En cette année, proclamée par les Nations unies Année internationale des langues, la portée de ce projet ne saurait être sous-estimée. *Conocimientos del pueblo Mayangna sobre la convivencia del hombre y la Naturaleza* apportera aux communautés mayangnas un ouvrage de référence précieux et inestimable, tant dans leur propre langue qu'en espagnol. Il contribuera à améliorer la qualité de l'enseignement dans le cadre de la Décennie des Nations unies pour l'éducation au service du développement durable, qui reconnaît à la fois la valeur des langues et des savoirs autochtones.

Paule Gros<sup>14</sup> et Douglas Nakashima<sup>15</sup>

Pour en savoir plus : [www.unesco.org/links](http://www.unesco.org/links)

12. Stocks, A., McMahan, B et P. Taber (2007) *Indigenous, colonist and government impacts on Nicaragua's Bosawas Reserve*. Conservation Biology 21:1495-1505

13. Savoirs du Peuple Mayangna sur la coexistence de l'homme avec la nature: poissons et tortues

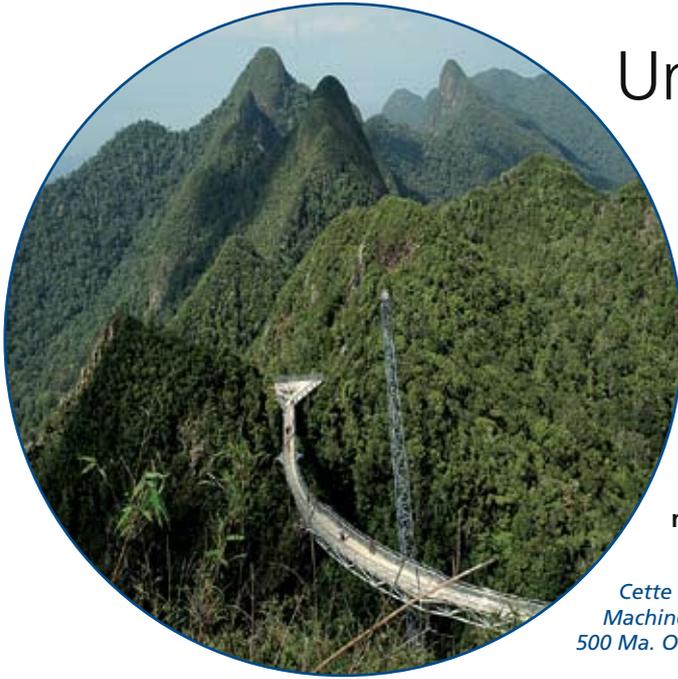
14. Avant de travailler avec l'UNESCO comme consultante, elle a collaboré étroitement, de 2000 à 2003, avec les Mayangnas de Bosawas en qualité de directrice d'études de terrain du Projet de biodiversité du zoo de Saint Louis, aux États-Unis

15. Chef, à l'UNESCO, de la section Sciences et société, et du programme LINKS



le pahwa (*Vieja maculicauda*)

# Un paradis géotropical



Langkawi est le premier géoparc de Malaisie, et le premier de son espèce aux tropiques. Il est remarquable pour son paysage déchiqueté d'îles karstiques, sculptées par des millions d'années, et pour la séquence de roches sédimentaires du paléozoïque<sup>16</sup> la plus complète de la région, véritable archive de l'évolution du climat et du biote de la Malaisie sur 500 millions d'années. Avec son site stupéfiant, son climat tropical et la richesse de son histoire géologique – sans oublier ses étendues de plages de sable – Langkawi est en passe de devenir une destination touristique florissante. Il a été l'an dernier le premier géoparc de l'Asie du Sud-Est à prendre place au sein du Réseau mondial des géoparcs nationaux de l'UNESCO.

*Cette magnifique chaîne de montagnes du parc de la géoforêt cambrienne du Machinchang est la formation rocheuse la plus ancienne de Malaisie, datée de 500 Ma. On aperçoit le système de soutien vertical du pont suspendu*

Langkawi est le lieu de naissance de la roche la plus ancienne de Malaisie.

L'archipel se compose de couches (strates) de toutes sortes de roches sédimentaires qui retracent l'histoire de l'île, exactement comme les cercles d'un tronc d'arbre scié révèlent son âge, sauf que le temps géologique est bien plus long : à Langkawi, il remonte, presque sans interruption dans les strates, depuis le cambrien inférieur, il y a 542 millions d'années (Ma), jusqu'au trias supérieur, il y a environ 210 Ma. C'est donc l'image la plus fidèle de l'histoire du paléozoïque de l'Asie du Sud-Est.

La formation Machinchang (*voir carte*) date du cambrien inférieur. Elle s'est constituée lorsqu'une grande masse de sable s'est déposée dans un delta marin peu profond, probablement pendant plus de 50 Ma. S'en est ensuivi une longue période où la terre a été submergée pendant l'ordovicien (499-435 Ma) et le silurien inférieur, comme le prouve la présence de dépôts de calcaire de Setul. Le calcaire indique que les mers étaient chaudes, à une époque où la Malaisie – l'ancien territoire de Langkawi – était proche de l'équateur.

La strate suivante s'appelle formation Singa. Elle s'est déposée dans un milieu marin peu profond, alors que la terre était immergée sous l'effet alterné de glaciations polaires et de fonte de la glace, tout au long du carbonifère (355-296 Ma) et au permien inférieur (296-280 Ma). C'est à cette dernière période que l'ancien territoire de Langkawi s'est séparé du Gondwana pour entreprendre sa dérive vers l'équateur. Ce milieu plus chaud a induit le dépôt continu de calcaire de Chuping jusqu'au Trias supérieur.

Rappelez-moi les trois grands types de roches ...

**Les roches sédimentaires** se forment lorsque se déposent des particules transportées par l'air, la glace ou l'eau. Au fur et à mesure du dépôt, la pression des couches supérieures comprime le sédiment et le solidifie. Parmi les plus communes d'entre elles : la craie, le calcaire, le grès et les schistes.

**Les roches ignées** (du latin ignis, feu) proviennent du magma durci à l'air libre ou sous la terre (en surface, c'est de la lave). Lorsque cela se produit en profondeur, la roche ignée qui prend forme s'appelle roche intrusive (plutonique) ; lorsqu'elle se forme en surface, elle se nomme roche extrusive (volcanique). Sous terre, le magma refroidit très lentement, ce qui lui donne amplement le temps de former des cristaux. Dans le granite, par exemple, les cristaux se distinguent nettement à l'œil nu. Plus la roche volcanique a refroidi vite, plus lisse est sa surface, car les cristaux ont eu moins de temps pour se former. Les roches volcaniques extrusives se refroidissent rapidement, et leur surface est donc plus lisse que celle des roches intrusives. Parmi les formes les plus courantes de roches ignées extrusives : le basalte, la lave bulleuse, la lave pétrifiée, la pierre ponce, les scories et cendres volcaniques.

**Les roches métamorphiques** ont été soumises à une température ou une pression si intense que cela a déclenché un changement chimique et/ou physique (une métamorphose). Sous terre, ce changement a pu être provoqué par la température élevée des profondeurs ou par la pression exercée par les roches sus-jacentes. Parmi les plus communes d'entre elles : le gneiss, le marbre, le schiste et l'ardoise.

Ces strates sédimentaires furent, par la suite, soumises à un puissant mouvement tectonique qui y provoqua des failles et des plissements. Pendant ce temps, se produisit une intrusion de magma dans les strates de Langkawi. Des roches entières furent alors transportées à la surface, qui constituèrent les anciennes îles Langkawi. Les roches exposées subirent une usure et une érosion constantes, qui les ont travaillées et sculptées pour donner le paysage géologique actuel, si singulier.

## Mogotes et mangroves

Les paysages karstiques tropicaux sont rares dans les îles. En Malaisie, on n'en trouve que dans l'archipel de Langkawi. Il en existe aussi en Thaïlande et au Viet Nam.



L'archipel de Langkawi présente des chaînes de collines de karst (les mogotes) disséquées par des gorges et des vallées étroites et incisées, et d'autre part des îles rocheuses isolées, séparées par de petits détroits peu profonds. Les rivages sont surtout rocheux, surmontés de falaises verticales entrecoupées de goulets marins, de crevasses, de tunnels, de grottes, de voûtes et d'écueils pointus. Ces derniers sont des îlots escarpés qui sortent de l'océan comme des dents acérées de requins.

À l'intérieur des terres, le paysage karstique comprend des éminences coniques, des collines évidées et des mogotes au



**Le parc de la géoforêt de karst de Kilim.**  
La juxtaposition des collines de karst et des mangroves côtières dont les racines baignent dans une mer accueillante produit des paysages prodigieux sur la côte orientale des îles Langkawi

©Tasak D. Bunting

sommet aplati ou arrondi, pouvant atteindre 400 m. La beauté du paysage karstique de Langkawi est due à l'harmonieux entrelacement des mogotes et des forêts de mangroves.

**Berceau d'une vie révolue**

Dans la géologie de l'archipel, ce qui prédomine, ce sont les roches sédimentaires de mers peu profondes, où les fossiles sont en général abondants. Cette paléofaune comprend plusieurs espèces qui vivaient sur le fond océanique lorsque Langkawi était immergé. On trouve parmi les fossiles certaines familles (phylums) toujours vivantes : des brachiopodes bivalves, des coraux, des bryozoaires – animaux qui, comme les coraux, se construisent des squelettes de carbonate de calcium – des gastéropodes, certaines espèces de la faune céphalopode nectonique ; plusieurs espèces de formes planctoniques comme les graptolites, tentaculites, crinoïdes et divers types de restes fossiles. Le fossile le plus grand qui y a été découvert appartient à un crinoïde pédonculé de 20 cm, dit lis de mer, qui rappelle un peu l'étoile de mer.

La découverte qui pourrait bien être la plus importante dans cet archipel est celle de plusieurs espèces de brachiopodes d'eau froide, qui n'ont habité que dans la sous-province cimmérienne tempérée. Coïncidant avec la distribution aléatoire des diamictites de glace de mer (les dropstones), elles corroborent la théorie selon laquelle, au carbonifère supérieur et au permien inférieur, une partie de l'ancien territoire de Langkawi se trouvait à la périphérie du Gondwana, près du pôle sud. Les fossiles de Langkawi deviennent ainsi de précieux indices pour dater les sédiments et déterminer leur paléosituation et leur paléoclimat.

**Apprendre à aimer les merveilles géologiques**

Jusqu'ici, les efforts pour préserver le patrimoine géologique des îles Langkawi n'ont pas été couronnés de succès ; ceci est dû au fait que la Malaisie n'a pas d'instrument juridique approprié. De sorte que les deux seuls appuis



Fossile de brachiopode du permien inférieur, datant d'environ 290 Ma. Il donne à penser que l'ancien territoire de Langkawi avait un climat froid. C'est le coquillage qui le révèle, car il est en général plus épais dans les climats froids que chauds.



Fossile de gastéropode (Malayaspira rugosa) de 490 millions d'années découvert à Palau Anak Tikus

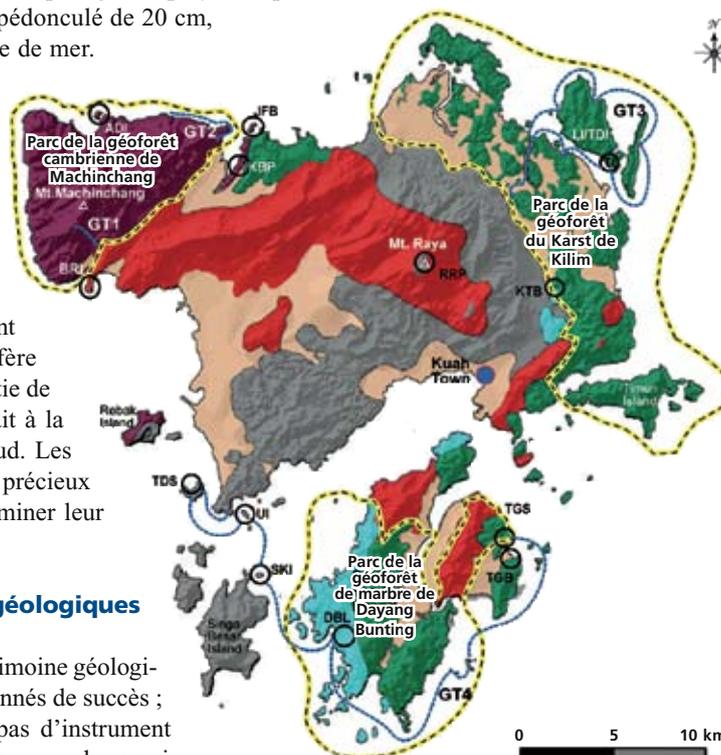


©M.S. Leman

Ces dropstones, auxquelles on a juxtaposé un canif pour en donner l'échelle, prouvent que Langkawi avait un climat froid à la fin du carbonifère et au début du permien

juridiques ad hoc sont l'Acte des parcs nationaux et celui des réserves forestières. De manière plus précise, l'échec peut être imputé au fait que les politiques, comme la société dans son ensemble, ne reconnaissent pas plus qu'ils ne comprennent l'intérêt de ce patrimoine. Le géoparc de Langkawi offre, par le biais de l'éducation, l'opportunité de combler ces lacunes.

Une forme de tourisme éclairé est activement mise en place à cet effet. La Division du géoparc de Langkawi a créé pour le public un Centre d'information sur les géoparcs, ainsi que plusieurs musées et galeries. Les visiteurs de tel ou tel géoparc y trouveront des panneaux, des dépliants et des brochures expliquant les aspects géologiques, biologiques et sociologiques du site.



**AIRE PROTÉGÉE ET GÉOPISTES DU GÉOPARC DE LANGKAWI**

- MONUMENTS GÉOLOGIQUES / SITES PROTÉGÉS
- UI - Pulau Ular
  - LITDI - Pulau Langgun / Pulau Tg. Dendang
  - SKI - Pulau Singa Kecil
  - TI - Pulau Tikus
  - ADI - Île Anak Datai
  - JFB - Lit fossile du Jemeruk
  - KBP - Pinnacle de Kubang Badak
  - RRP - Toit en surplomb de Raya
  - KTB - Breccia du Kisap Thrust
  - TGS - Seuil de granit de Tuba
  - TGB - Boudin de granit de Tuba
  - DBL - Lac de Dayang Bunting
  - TDB - Dropstone de Tepur
  - BRI - Île résiduelle de Burau

- GÉOPISTES
- Géopistes
  - GT1 - Nombre de géopistes

**Géologie**

- Alluvions
- Granit
- Formation de Chuping
- Formation de Singa
- Formation de Setul
- Formation de Machincha

## Du hors-taxe au géotourisme

La décision prise en 1987 de faire de l'île de Langkawi une zone hors-taxe et une destination touristique avait une motivation politique. Elle visait à améliorer les moyens d'existence locaux et à combler la fracture économique entre zones rurales et urbaines. La Langkawi Development Authority (LADA) fut créée à cet effet en 1990. Idée personnelle de l'ancien premier ministre le Dr. Mahatir Mohamad, la LADA était chargée de doter l'île d'une infrastructure de base.

En 1996, l'Institut de l'environnement et du développement de l'Université Kebangsaan Malaysia (UKM) signa un premier mémorandum d'accord avec la LADA pour devenir le fer de lance de la recherche sur la diversification du tourisme concernant les ressources naturelles. La LADA ne se contenta pas d'offrir ses services administratifs mais commença à appliquer les résultats de ses recherches afin d'exploiter le patrimoine géologique de l'île dans l'intérêt du tourisme. D'abord intermittents, ces résultats se muèrent en un flux régulier d'informations, grâce à la création, en 2002, du Centre de recherches de Langkawi par l'UKM. Les trois programmes de recherche du Centre sont : la géologie et le paysage, la recherche biologique et marine, et les traditions socioculturelles et locales.

Le point fort du partenariat entre l'UKM et la LADA a été la création du géoparc national de Langkawi en 2006, immédiatement suivi des préparatifs de sa candidature au Réseau mondial des géoparc nationaux de l'UNESCO. Langkawi est officiellement devenue, en juillet 2007, le 52<sup>ème</sup> membre du réseau. La prochaine étape pourrait être la création d'un réseau du géopatrimoine et des géoparc de l'Asie et du Pacifique avec les membres du réseau mondial de l'UNESCO en Chine et en Iran.

Des programmes de vulgarisation sous forme de séminaires interactifs et de causeries sont en préparation afin d'encourager le public à participer aux activités du géoparc. Quant aux écoliers, des cours à leur intention vont être élaborés. Ces activités sont organisées en général par le Centre de recherches de Langkawi, l'Université Kebangsaan Malaysia et la Division du géoparc de Langkawi.

### Une destination avec un plus

C'est bien évidemment pour ses plages de sable blanc que Langkawi est célèbre. Pantai Chenang, Teluk Datai et Tg Rhu sont quelques exemples des immenses plages immaculées longeant des paysages de calcaire, devenues pour les touristes le paradis des séjours en bord de mer. C'est aujourd'hui le principal attrait pour les touristes de tous les pays qui se rendent sur l'île.



Un stage pour expliquer aux guides touristiques et aux élèves la signification du patrimoine géologique et la nécessité de le préserver. Les guides et agents de tourisme sont les principaux destinataires des modules d'instruction et de formation que le géoparc met actuellement au point

Mais Langkawi possède également des plages rocheuses ou couvertes de galets. Les plages rocheuses bordées de falaises verticales et déchiquetées, tombant sur des plates-formes de pierres coupantes, ont aussi leur charme et l'amoureux de la nature

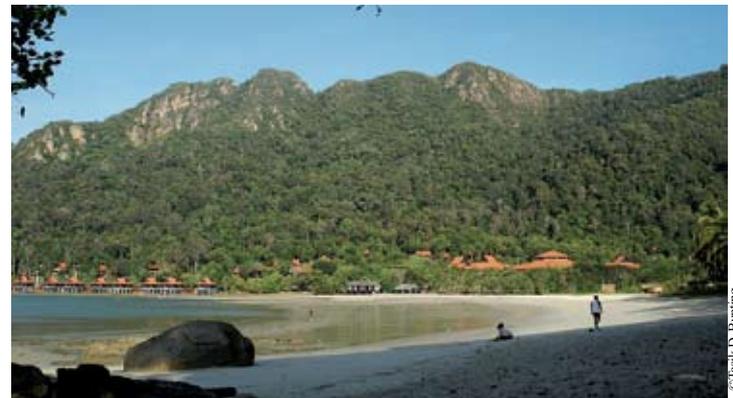
qui les découvre au hasard de sa promenade succombe à leur atmosphère mystérieuse. Là où l'énergie des vagues est faible, la plage est occupée par de vastes forêts de mangroves.

C'est l'amour de la nature qui a tout au long guidé l'économie touristique de Langkawi. Mais la mise en lumière des spécificités géologiques du site a renforcé l'attrait de l'île, en la présentant comme une destination dotée d'une différence.

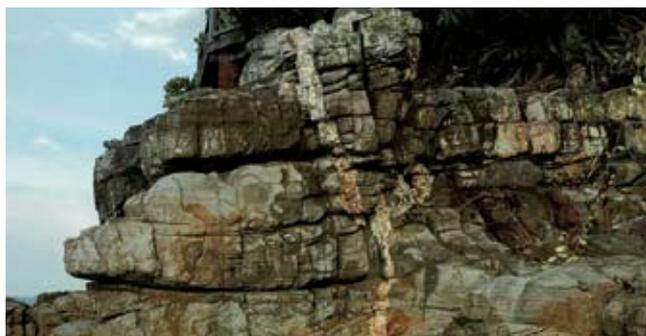
L'un des produits que le géotourisme met désormais en avant est la création de « géopistes ». Plusieurs géosites présentant des caractéristiques remarquables, comme des grottes, des paysages karstiques et des fossiles, ont été regroupés dans des excursions touristiques d'une demi-journée de marche ou de bateau, accompagnée d'un guide. Chaque site est équipé de



Le lac de la Jeune fille enceinte est l'un des plus beaux sites du parc de la géoforêt de marbre de Dayang Bunting. Ce lac de doline, ou puits d'effondrement, est dû à la rupture d'un système de grottes. Il a peut-être fait partie d'une dépression dans une topographie karstique. La Jeune fille enceinte a toujours attiré des touristes dans les îles Langkawi



Ces résidences hôtelières en front de mer ont été conçues de façon à s'harmoniser avec la forêt située sous le flanc du Machinchang



Couches de grès massif à découvert le long de la plage rocheuse de Pasir Tengkorak. Leur stratification oblique se traduit par une ligne le plus souvent horizontale dans la roche, suggérant la direction de l'écoulement des eaux au moment où elle était submergée par des mers peu profondes au cambrien (542–500 Ma). Le grès a subi l'intrusion d'une roche de couleur claire sur un plan incliné ; c'est un dyke de quartz d'origine ignée, datant d'environ 220 Ma. La stratification oblique est un phénomène très courant dans la partie supérieure de la formation Machinchang

© Taskik D. Bunting



Ce centre d'informations du Parc de la géoforêt cambrienne du Machinchang présente une collection des grands types de roches, des échantillons de pierres et de fossiles exceptionnels, ainsi que des cartes géologiques et des affiches illustrant l'évolution géologique de Langkawi

© Taskik D. Bunting

panneaux explicatifs faisant de la visite une expérience éducative et attrayante.

À ce jour, ce genre de pistes a été aménagé pour le parc de la géoforêt du karst de Kilim, le parc de la géoforêt de marbre de Dayang Bunting et de celui de la géoforêt cambrienne de Machinchang (voir carte p.21).

### Renforcer le sentiment d'appartenance

Trois seulement des îles Langkawi sont habitées. Pulau Langkawi, Pulau Tuba et Pulau Dyang Bunting (*pulau* signifie île en malais). La majorité des 88 000 habitants vit sur la plus grande, Pulau Langkawi. C'était autrefois un village endormi de pêcheurs où la vie des Malaisiens dépendait essentiellement des activités traditionnelles comme la pêche, la culture du riz et la récolte du caoutchouc. Le petit commerce se limitait surtout à la ville de Kuah, aux mains d'une petite communauté de Chinois.



Village traditionnel typique du géoparc de Langkawi. Les pêcheurs utilisent de petites embarcations et des filets pour attraper le poisson le long de la côte

© Taskik D. Bunting

De 2000 à 2006, le nombre de touristes visitant chaque année le géoparc de Langkawi est passé de 1,5 à 1,8 million, avant d'atteindre 2,3 millions l'an dernier. Une infrastructure bien planifiée a soutenu une industrie du tourisme en expansion, en multipliant les municipalités et les hôtels. En retour, le tourisme a contribué à améliorer les infrastructures en finançant le développement de l'hôpital, des écoles et des collèges de l'île.

L'avènement du tourisme a transformé l'île. Il a donné lieu, pour la population locale, à de nouveaux emplois de guides, bateliers, personnel hôtelier et de restauration. La majorité des produits de la mer est livrée aux hôtels par les pêcheurs locaux et les fruits et légumes par les cultivateurs. Certains habitants sont conducteurs de taxis, d'autres ont ouvert des

boutiques d'alimentation ou de souvenirs. D'autres encore travaillent comme entrepreneurs ou ouvriers sur de petits projets d'infrastructure.

Depuis peu, avec la création des géopistes la communauté a ouvert une coopérative qui gère les sorties en bateau et les guides. Une seconde coopérative, dans la géoforêt de karst de Kilim, permet aux pêcheurs de diversifier leurs revenus : au lieu de travailler comme auparavant avec les agents de voyage, elle gère elle-même, en équipe, les activités touristiques.

Le concept de géoparc est certes un phénomène récent dans la conscience de la population, mais le géotourisme est en général bien accepté. Le maintien d'un tel état d'esprit sera déterminant pour la protection des géoressources de Langkawi, en lui adjoignant le sentiment d'appartenance.

Les personnes dont les revenus dépendent de la nature ont particulièrement bien accueilli le géotourisme. Un groupe de pêcheurs a récemment exprimé son opinion sur ce qu'ils ont glané en assistant, dans leur village, à une campagne de sensibilisation aux géoparcs : « Nous devons faire attention en ramassant des coquillages dans les rochers » a commenté par la suite l'un d'eux, « car nous pourrions endommager des fossiles qui sont là depuis des millions d'années ».

Ibrahim Komoo, Sharina Abdul Halim et Tanot Unjah<sup>17</sup>

16. Pour la chronologie du paléozoïque, voir *Planète Science* de janvier 2008 ; pour les paysages karstiques, voir le numéro d'avril 2008

17. Tous trois appartiennent à l'Institut d'environnement et de développement (LESTARI) de l'Université Kebangsaan Malaysia

## Agenda

### 6-9 Octobre

**L'océan dans un monde à fort taux de CO<sub>2</sub>**  
2e conf. interdisciplinaire pour évaluer les connaissances sur l'acidification de l'océan et fixer des priorités de recherche. Sur la 1ère conf., voir *Planète Science* d'octobre 2004. Voir aussi p.13 de ce numéro. Monte Carlo (Monaco) : [m.hood@unesco.org](mailto:m.hood@unesco.org)

### 8-10 Octobre

**Exploitation et gestion durables des terres et de l'eau**  
Conf.intern. du projet sino-allemand de Recherche écologique afin d'assurer l'avenir du développement en Chine (ERSEC), échanger et intégrer les résultats de recherche. Min.de S&T, Min. de l'éducation, Bureau municipal de Beijing des forêts et des parcs, CNC-IHDP/IGSNRR, Académie des sciences chinoise, UNESCO Beijing : [www.unesco.org/beijing-new/index.php?id=2478](http://www.unesco.org/beijing-new/index.php?id=2478)

### 13-14 Octobre

**Ressources en eaux souterraines non renouvelables**  
1<sup>ère</sup> conf. intern. pour une gestion améliorée dans le cadre de l'Année intern. de la planète Terre. Organisée par la National Ground Water Association (É.-U.), Institute for Water and Watersheds at Oregon State University (É.-U.), UNESCO-PHI et Banque mondiale. Portland (É.-U.) : [www.ngwa.org/development/conferences/details/0810135055.aspx](http://www.ngwa.org/development/conferences/details/0810135055.aspx)

### 14-16 Octobre

**Rôle de l'hydrologie dans la gestion des ressources en eau**  
Comment les hydrologues peuvent influencer davantage sur la gestion de projet et les gestionnaires tirer un meilleur profit de l'expertise hydrologique. Organisé par le comité italien du PHI, coparrainé par AISH et UNESCO. Capri (Italie) : [crescenzo.violante@iamc.cnr.it](mailto:crescenzo.violante@iamc.cnr.it)

### 15-17 Octobre

**Soutien aux réseaux d'observation de l'Arctique**  
Atelier de l'Année polaire intern. pour mettre au point le rapport SAON qui sera soumis au Conseil ministériel de l'Arctique en novembre. L'UNESCO-COI contribuera au volet océanique grâce au Système mondial d'observation de l'océan (GOOS). Helsinki (Finlande) : [www.arcticobserving.org/](http://www.arcticobserving.org/)

### 21-23 Octobre

**Arbitrage des litiges sur les ressources en eaux nationales et internationales**  
Stage pour hauts fonctionnaires internationaux confrontés aux difficiles problèmes professionnels de gestion de l'eau douce, dans le cadre du programme *Du conflit potentiel au potentiel de coopération* (CPPC). À l'Institut UNESCO-IHE d'éducation relative à l'eau, Delft (Pays-Bas) : [l.salame@unesco.org](mailto:l.salame@unesco.org)

### 28-31 Octobre

**Engager des spécialistes de la coopération concernant l'eau au Moyen-Orient**  
Cours de perfectionnement pour formateurs en matière de coopération et relations de confiance dans le partage des eaux au Moyen-Orient. Organisé par le CPPC de l'UNESCO-PHI. Au Secrétariat du Programme mondial d'évaluation des ressources en eau, Pérouse (Italie) : [l.salame@unesco.org](mailto:l.salame@unesco.org)

### 31 Octobre

**Prix Mondialogo d'ingénierie**  
Date limite pour soumission des projets d'étudiants sur la réduction de la pauvreté et le changement climatique : [www.mondialogo.org/](http://www.mondialogo.org/); [t.marjoram@unesco.org](mailto:t.marjoram@unesco.org)

### 3-6 Novembre

**Forum mondial sur la ville**  
4<sup>e</sup> session organisée par UN-Habitat pour améliorer l'accès des citadins pauvres à un abri, une eau saine, des toilettes, etc. L'UNESCO présentera des projets illustrant l'éducation en vue d'un développement urbain durable, la gouvernance de l'eau et la manière de préserver le tissu social tout en réhabilitant les quartiers historiques d'une ville, grâce à la mallette *Historic districts for all* de l'UNESCO/UN-Habitat. Nanjing (Chine) : [www.unhabitat.org/](http://www.unhabitat.org/); [www.unesco.org/shs/urban/](http://www.unesco.org/shs/urban/); [www.unesco.org/mab](http://www.unesco.org/mab)

### 4-7 Novembre

**Utilité des réserves de biosphère pour tester l'approche du développement durable**  
Atelier intern. de collecte d'idées en vue du futur Plan d'action du MAB pour le Rwanda (2009-2013). UNESCO Nairobi avec ComNat du Rwanda pour l'UNESCO, Conseil du tourisme du Rwanda (ORTPN) et Direction de la gestion de l'environnement du Rwanda. Kigali (Rwanda) : [n.raondry@unesco.org](mailto:n.raondry@unesco.org)

### 10 Novembre

**Journée mondiale de la science**  
En faveur de la paix et du développement : [www.unesco.org/science/psd/](http://www.unesco.org/science/psd/); [d.malpede@unesco.org](mailto:d.malpede@unesco.org)

### 10-12 Novembre

**Biodiversité et services éco-systémiques**  
1ère conf. intergouv. pour mise en place d'une plate-forme intergouv. sur la biodiversité et les services éco-systémiques (IPBES). Kuala Lumpur (Malaisie) : <http://ipbes.epeerreview.com/app/Index.aspx>

### 13 Novembre

**L'eau pour la paix**  
Conf.intern. avec 2 tables rondes sur : États fragiles, situations de crise et conflits et L'eau, vecteur de coopération et cadres juridiques et institutionnels. Contribution au Forum mondial de l'eau de mars 2009. UNESCO-PHI avec la Fondation Chirac (France) : [l.salame@unesco.org](mailto:l.salame@unesco.org)

### 17-19 Novembre

**Recherches pour la santé**  
Forum ministériel mondial coparrainé par le Conseil de la recherche sur la santé pour le développement, le Forum mondial de recherche pour la santé, le gouvernement du Mali, l'OMS, l'UNESCO, la Banque mondiale. Bamako (Mali) : [www.bamako2008.org/](http://www.bamako2008.org/); [j.hasler@unesco.org](mailto:j.hasler@unesco.org)

### 18-21 Novembre

**1er Forum mondial sur les glissements de terrain**  
Mise en œuvre du Plan d'action de Tokyo sur le Programme intern. sur les glissements de terrain. Tokyo (Japon) : [b.rouhban@unesco.org](http://b.rouhban@unesco.org)

### 25-27 Novembre

**Forum régional du GOOS**  
Guayaquil (Équateur) : [t.gross@unesco.org](mailto:t.gross@unesco.org); [www.ioe-goos.org](http://www.ioe-goos.org)

### 2-5 Décembre

**Promouvoir les politiques et capacités de gestion des STI dans les universités africaines**  
Forum régional du Plan d'action UNESCO-Union africaine pour catalyser la création de programmes de 3ème cycle en S&T dans les universités du continent. Université Obafemi Awolowo d'Ife-Ife (Nigeria) : [sc.stp@unesco.org](mailto:sc.stp@unesco.org); [f.osotimhin@unesco.org](mailto:f.osotimhin@unesco.org)

## Vient de paraître

### Water and Peace for the People

Jon Martin Trondalen. UNESCO-PHI PCCP/Éditions de l'UNESCO. Présenté le 11 septembre à l'UNESCO. En anglais. Éditions en arabe et en hébreu prévues fin décembre.

Et si les pays du Moyen-Orient n'avaient d'autre perspective que de s'entendre pour partager les maigres ressources en eau de la région ? Alors que les besoins en eau s'accroissent sous la pression démographique et le développement économique, les scientifiques déclarent que le Moyen-Orient pourrait devenir la première région confrontée à une réduction dramatique de ses ressources en eau. La situation est déjà alarmante. La salinité augmente dans les principaux cours d'eau, comme l'Euphrate, et la moitié de la population des grandes villes de la région souffre d'un déficit d'eau potable. Un rapport du PNUD (2005) indique que 80 % des familles irakiennes boivent une eau impropre à la consommation. L'ouvrage passe en revue les conflits du cours supérieur du Jourdain entre Israël et la Syrie autour du plateau du Golan, entre Israël et le Liban pour le Wazzani, et le vieux litige entre Palestiniens et Israéliens. Il étudie également les problèmes auxquels sont confrontés la Turquie, la Syrie et l'Irak pour le partage des eaux du Tigre et de l'Euphrate.

### Arsenic in Groundwater A World Problem

Produit par le Chapitre néerlandais de l'Association internationale des hydrogéologues (AIH) et le Comité national néerlandais du PHI, parrainé par la Division des sciences de l'eau de l'UNESCO. ISBN 978-90-808258-2-6, en anglais, 125 p. Si la teneur en arsenic des eaux souterraines est élevée, elle contamine l'eau potable et les cultures irriguées. L'arsenic peut avoir une origine naturelle ou être apporté par l'érosion ou l'action microbienne, mais aussi par des activités anthropiques telles que l'exploitation minière, l'extraction d'eaux souterraines et la fabrication de pesticides à base d'arsenic. L'ouvrage fait le point des connaissances sur tous les aspects de l'arsenic dans les eaux souterraines. Pour le télécharger : [www.iah.org](http://www.iah.org). Pour le commander à l'AIH : [janpiet.heederik@infran.nl](mailto:janpiet.heederik@infran.nl); pour en savoir plus, écrire à Michael van der Valk : [info@hydrology.nl](mailto:info@hydrology.nl).



### Groundwater Resources Assessment under the Pressures of Humanity and Climate Change (GRAPHIC) – Document de cadrage

Produit par l'UNESCO-PHI en collaboration notamment avec l'US Geological Survey, l'Institut japonais de recherche pour l'humanité et la nature, l'University College London (Royaume-Uni), 2<sup>ème</sup> édition, en anglais, 32 p. Voir également p. 6 et 14.

Mise à jour du cadre du programme GRAPHIC de l'UNESCO, après quatre ans d'existence. GRAPHIC traite de problèmes de portée mondiale au moyen d'études de cas des grands systèmes d'aquifères et de prototypes de recherches pour le monde entier. La large gamme des sujets, des méthodes et des régions étudiées sera adaptée pour faire place à des partenaires et des tendances nouvelles tout au long de ce travail collectif continu. Le document présente les premières esquisses de lignes directrices et de critères de sélection des cas à étudier. À télécharger sur [www.unesco.org/water/ihp/graphic](http://www.unesco.org/water/ihp/graphic)

### Mallette pédagogique EDUSIDA

Produite par l'UNESCO, chef de file de l'EDUSIDA, en étroite coopération avec les ministères de l'éducation, les agences des Nations unies et autres. Existe en anglais et portugais. Éditions dans d'autres langues à venir. Le document présente des conseils techniques pour concevoir et mettre en œuvre des politiques d'éducation en matière de VIH et de sida, et mettre en place ces programmes dans le cadre de l'Initiative mondiale sur le VIH/sida et l'éducation de l'ONUSIDA (EDUSIDA). Il couvre cinq thèmes essentiels : éducation de qualité ; contenus, progr. et matériel pédagogiques ; formation et soutien des éducateurs ; politiques, gestion et systèmes ; exemples de méthodes et d'entrées en matière. Il comporte 35 dossiers techniques. Lancé lors de la 17<sup>e</sup> conférence internationale sur le sida (Mexico, 3-8 août 2008). Pour en savoir plus : [www.educaids.org/](http://www.educaids.org/); [aids@unesco.org](mailto:aids@unesco.org)

### Erratum

Dans le numéro de juillet de *Planète Science*, dans l'introduction à *Livestock in a Changing Landscape*, (vient de paraître), il fallait lire que la production mondiale de viande avait triplé entre 1980 et 2002 (et non entre 1998 et 2002).