

**Climat.** Les scientifiques réclament des outils adaptés à leurs simulations.

## L'ampleur du réchauffement, une affaire d'ordinateurs

**D**angereux, le changement climatique? Sans doute, mais dans quelle proportion? Et pour qui? A quelle échéance? Provoqué par quelles émissions de gaz à effet de serre? Réunis à Exeter (Royaume-Uni) ces trois derniers jours à l'appel du Premier ministre britannique, Tony Blair, 200 scientifiques ont réitéré leur avertissement mais aussi déploré l'incertitude de leurs prévisions, souvent utilisée pour retarder des politiques visant à diminuer les émissions.

**Sans réponse.** Il nous faudrait, clame un groupe de scientifiques français, une puissance de calcul «12500 fois» supérieure à celle dont nous disposons pour «déterminer le futur de la planète». Bigre. Revendication d'un meilleur outil de travail pour chercheurs déjà gâtés? Non, rétorque Jean-Claude André, directeur du Cerfacs (Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique) de Toulouse et initiateur d'un groupe de travail sur le sujet,

plutôt un double constat. Un: de nombreuses questions posées par le changement climatique resteront sans réponse tant que des ordinateurs beaucoup plus puissants ne seront pas disponibles. Deux: la France joue en deuxième division, elle doit réagir. Une exigence scientifique, couplée d'un volet politique. Utilisées dans les négociations internationales sur le climat, les simulations numériques européennes doivent tenir la comparaison avec celles réalisées aux Etats-Unis ou au Japon.

Les émissions massives de gaz à effet de serre vont-elles provoquer un changement majeur, mais limité autour de 2°C de plus en moyenne annuelle planétaire d'ici à la fin du siècle? Ou dériver vers les 6°C, menaçant les sociétés de bouleversements, mettant en cause infrastructures économiques, basses terres des deltas fluviaux, agriculture,

**Explorer la fréquence et l'intensité des tempêtes et cyclones d'un climat réchauffé supposerait un supercalculateur cent fois plus costaud que celui de Météo France.**

de plus en moyenne annuelle planétaire d'ici à la fin du siècle? Ou dériver vers les 6°C, menaçant les sociétés de bouleversements, mettant en cause infrastructures économiques, basses terres des deltas fluviaux, agriculture,

pêche...? Problème: la différence entre haut et bas de la fourchette tient autant aux quantités futures de gaz à effet de serre émis qu'aux incertitudes scientifiques sur le climat et ses réactions à la perturbation. De plus, les détails décisifs du changement – le rythme du réchauffement, ses traits régionaux, le risque d'événements météo extrêmes ou de surprise climatique – demeurent hors de portée des supercalculateurs actuels. Des informations décisives pour argumenter contre l'usage des combustibles fossiles et se préparer à des changements en partie inévitables. D'où la *shopping-list* informatique (lire ci-dessous) établie par les climatologues, sans préjuger de leurs efforts concomitants en logiciels et compréhension des processus climatiques.

**«Croqueurs de nombres».** Lever les interrogations liées aux rétroactions des nuages exige ainsi d'introduire leur microphysique dans les modèles et d'améliorer leur résolution d'un facteur 100. Etudier le devenir des moussons, d'El Niño et autres phénomènes tropi-

caux exige des océans numériques, qu'il faut suivre heure par heure et à la dizaine de centimètres pour leurs couches de surface. Mesurer le risque d'arrêt du Gulf Stream à la fin du siècle ou au XXII<sup>e</sup> siècle? «Ce-la exige de prendre en compte les tourbillons de quelques dizaines de kilomètres», explique Serge Planton (Météo France). Et donc une machine dix mille fois plus puissante que les capacités actuelles. Explorer la fréquence et l'intensité des tempêtes et cyclones d'un climat réchauffé supposerait un supercalculateur cent fois plus costaud que celui de Météo France.

Le cycle du carbone, le devenir de l'ozone, l'effet climatique des changements des sols et des mégapoles, l'intégration des milliards de données réelles (satellites, etc.) dans les calculs... autant d'objectifs passant par des «croqueurs de nombres» cent à dix mille fois plus puissants. La perspective n'effraie pas les informaticiens, la technologie sera disponible d'ici quinze à vingt ans. Mais les climatologues français pourront-ils y accéder? ◆

SYLVESTRE HUET

## Supercalculateurs: le flop financier

La France n'investit pas assez dans ces machines surpuissantes.

«**D**epuis les années 90, nous accumulons du retard», regrette Sylvie Joussaume, directrice des sciences de la Terre et de l'Univers au CNRS. Les centres de calcul scientifique – l'Idris, à Orsay, pour le CNRS, et le Sines, à Montpellier, pour les universités – ne tiennent plus la route et ne peuvent être mobilisés à 100% sur le climat. Très loin des meilleurs – Etats-Unis et Japon –, ils sont dépassés en Europe par le Royaume-Uni, l'Allemagne et l'Espagne. Pour rester en course, estime

Jean-Claude André, directeur du Centre européen de recherche et de formation avancée en calcul scientifique, «il aurait fallu investir 200 millions d'euros tous les trois ans dans l'achat de puissance de calcul».

Une situation perçue avec retard au ministère de la Recherche: une mission vient d'être diligentée sur le sujet, son rapport est attendu d'ici à la mi-mars. Aucun pays européen ne peut seul tenir le rythme, admettent les chercheurs. D'où le lobbying des climatologues en faveur d'une stratégie européenne visant à acquérir, d'ici à 2007, une puissance «d'environ 15 téraflops (milliers de milliards d'opérations par seconde, ndr) réels, quel que soit le pays d'implantation», indique Sylvie Joussaume. Première étape vers la puissance de calcul rêvée par les scientifiques.

Le qualificatif de «réels» est décisif. Le Commissariat à l'énergie atomique vient de commander à Bull, pour la simulation des armes nu-

claires, une machine de 60 téraflops. Une double commande (militaire et recherche civile) aurait peut-être été judicieuse. Sauf que son architecture – à base de 9064 processeurs Itanium d'Intel – est massivement parallèle, à l'opposé des supercalculateurs vectoriels construits autour de quelques processeurs très puissants et très chers. Or, note Joussaume, «avec nos modèles climatiques, on peut utiliser près de 40% de la capacité théorique d'un vectoriel, mais seulement 10 à 15% d'un parallèle». Il faudrait viser au moins 40 téraflops en vectoriel et 150 pour une machine parallèle.

Une autre voie consiste à mettre en réseau plusieurs gros centres de calcul européens, c'est le projet Deisa, dirigé par l'Idris. Mais elle réclame des progrès décisifs dans la rapidité des transmissions entre ordinateurs pour rencontrer les besoins des climatologues. On n'échappera pas au «gros chèque» pour supercalculateur. ◆

S.H.

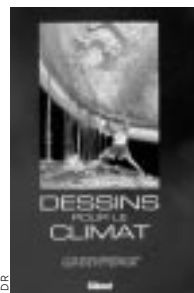
POLLUTION

## Bush en croisade pour un air propre et... soumis au marché

Le Sénat américain a entamé la discussion d'un projet de loi controversé du président Bush. Destiné à remplacer la réglementation américaine de 1970 contre la pollution atmosphérique, il prévoit d'utiliser les mécanismes de marché – avec commerce de permis à polluer – pour atteindre des objectifs de réduction des émissions de dioxyde de soufre, d'azote et de mercure. Ce texte n'impose aucun objectif de réduction des émissions de CO<sub>2</sub> et élimine la possibilité pour un Etat de porter plainte contre un Etat voisin pollueur de son atmosphère.

kiosque

## La BD bio qui défend le climat



120 auteurs de BD ont répondu à l'appel de Greenpeace pour crayonner 120 *Dessins pour le climat*, édité sur papier recyclé sans chlore. Les planches affichent des univers variés et une prédilection pour les histoires d'ambiance fin du monde, post-cata nucléaire. Mais les thèmes écologistes (biodiversité, réchauffement, progrès, pétrole...) sont abordés avec plus ou moins de réussite et d'humour. Edité

chez Glénat, l'ouvrage s'inscrit dans l'initiative Plumes vertes, qui pousse auteurs et éditeurs à utiliser du papier recyclé. Un projet qui rebute les maisons d'édition françaises alors qu'il a déjà séduit Canadiens et Américains.

L.N.

*Dessins pour le climat*, éditions Glénat. En librairies le 8 février.

NUCLÉAIRE

## Débat public sur la gestion des déchets radioactifs

Le gouvernement a annoncé hier sa décision de saisir la Commission nationale du débat public – autorité administrative indépendante créée par la loi sur la protection de l'environnement de 1995 – pour lui demander d'organiser, à l'automne 2005, une consultation «sur les options générales en matière de gestion des déchets de haute activité et à vie longue» issus des centrales électronucléaires. Les ministres Patrick Devedjian (Industrie) et Serge Lepeltier (Environnement) présenteront dans ce cadre un livre blanc. Début 2006, le gouvernement doit proposer un texte sur la gestion des déchets radioactifs au Parlement, en application de la loi de décembre 1991, faisant le bilan des recherches menées depuis lors. Hier, devant une commission de parlementaires, des experts ont estimé que l'entreposage des déchets nucléaires en surface ne pouvait représenter qu'une solution provisoire.

JUSTICE INTERNATIONALE

## Perben pour une Cour de la Terre

Devant de hauts magistrats francophones d'Afrique réunis hier à Paris, Dominique Perben, ministre de la Justice, s'est déclaré favorable à la création d'une «Cour internationale de la Terre» qui assurerait la réparation des dommages causés à l'environnement. «Il est devenu nécessaire de réfléchir à l'institution d'une juridiction internationale assurant de façon efficace la réparation des dommages environnementaux», a-t-il souligné à l'ouverture d'un colloque sur la contribution du droit au développement durable. Cette cour serait, selon le garde des Sceaux, «de nature à concourir efficacement à la sauvegarde du développement durable de notre planète».

## Prédire chez soi

Plus de 2000 simulations climatiques. C'est l'opération climateprediction.net dont les premiers résultats viennent de sortir dans *Nature* (1). Des simulations certes simplifiées, moulées par des ordinateurs personnels de particuliers, mais dont le mérite consiste à explorer le volet statistique des incertitudes liées aux modélisations informatiques. Les climatologues ont pu tester des valeurs sortant des limites habituelles des paramètres utilisés dans les modèles pour représenter des processus liés aux nuages (comme la conversion nuage/pluie). Du coup, certaines simulations s'écartent des résultats moyens, la hausse des températures atteignant 11°C pour un doublement du CO<sub>2</sub> atmosphérique. Une démarche susceptible d'élucider les pathologies des modèles numériques afin de les soigner.

S.H.

(1) D. Stainforth et al., *Nature* du 27 janvier.

(Annonce légale)

### AVIS DE CONSTITUTION

Dénomination : UMA  
Forme juridique : SARL. Capital social : 1 000 euros. Siège social : 80, rue du Faubourg Saint-Denis, 75010 Paris.  
Objet : Agence de presse et de production photographique. Gérant : M. Alain VIOT, demeurant 29, rue de Cotte, 75012 Paris.  
Durée : 99 ans à compter de l'immatriculation au RCS de Paris. Pour avis.

(Annonce légale)

### RECTIFICATIF

En référence à l'annonce parue le 20/01/05, le gérant de la SARL LES VINOSAURES, M. Eric Rossi, a pour domicile 2, passage Delessert, 75010 Paris. Pour avis.