

**VOLCANS** Les éruptions volcaniques perturbent le climat planétaire et peuvent entièrement détruire des îles ou en créer

# Les leçons climatiques du Pinatubo

La plus importante éruption volcanique du XX<sup>e</sup> siècle, en termes de quantité de matériaux rejetés dans l'atmosphère, s'est déclenchée il y a onze ans, dans l'archipel des Philippines. Dix ans après la fin de la colère du Pinatubo, la communauté scientifique a fait le point sur ses conséquences, tant locales que planétaires. Le Figaro publie la traduction d'un article d'Alan Robock, publié aujourd'hui dans l'hebdomadaire américain *Science* (15 février 2002). Il est clairement établi aujourd'hui que le nuage de poussières vomi par le volcan a formé un écran dans l'atmosphère, qui a contribué à abaisser la température moyenne mondiale au cours de deux hivers. Le volcan plus influent que les gaz à effet de serre rejetés par l'homme ? N'y a-t-il pas là une contradiction qui fragiliserait l'hypothèse selon laquelle les activités humaines augmentent rapidement l'effet de serre ? Non, explique Alan Robock : l'étude de l'impact du Pinatubo a même permis de valider les modèles d'étude du réchauffement mondial.

Loin des considérations planétaires, les scientifiques étudient aussi l'impact local d'une éruption. Comment la vie colonise une terre volcanique ? La minuscule île de Motmot, surgie au milieu d'un lac, au large de la Papouasie, offre le cadre idéal d'études.

Alan Robock \*

Le 15 juin 1991, l'éruption du mont Pinatubo, aux Philippines, produisit le plus grand nuage de particules volcaniques de la stratosphère du XX<sup>e</sup> siècle. Dans les quelques jours qui suivirent l'éruption, quelque 20 mégatonnes de dioxyde de soufre furent rejetées dans la stratosphère. Les températures enregistrées sur les continents de l'hémisphère Nord atteignirent jusqu'à 2 °C de moins que la normale pendant l'été 1992 et jusqu'à 3 °C de moins au cours des hivers 1991-1992 et 1992-1993. Ces changements climatiques étaient dus au nuage de particules volcaniques et à ses impacts radioactifs et chimiques sur l'atmosphère.

Une décennie entière de recherches sur le mont Pinatubo, présentées lors d'un récent congrès à San Francisco, en Californie, a permis de mieux comprendre les impacts des éruptions volcaniques explosives sur la météorologie et le climat. Les leçons tirées du Pinatubo sur les effets à long terme des éruptions volcaniques sur l'appauvrissement de la couche d'ozone, la circulation atmosphérique et les températures globales de surface, ont également renforcé l'idée selon laquelle les gaz à effet de serre liés aux activités humaines (anthropiques) sont la cause principale du réchauffement de l'atmosphère enregistré au XX<sup>e</sup> siècle.

Au cours des années suivant l'éruption du Pinatubo, la cartographie de la couche d'ozone et

d'autres observations indiquaient des réductions inhabituelles de l'ozone à des latitudes moyennes ainsi qu'à de hautes latitudes de l'hémisphère Nord. Nous avons appris que, dans la stratosphère inférieure, les aérosols de sulfate produits par le Pinatubo pouvaient fournir des surfaces aux réactions chimiques qui permettent au chlore anthropique de détruire chimiquement l'ozone. Le même mécanisme est responsable du trou dans la couche d'ozone observé chaque année au mois d'octobre au-dessus de l'Antarctique. Mais, dans ce cas précis, des nuages stratosphériques polaires d'eau ou d'acide nitrique fournissent les surfaces aérosols. Des concentrations plus faibles d'ozone



Groenland, au Moyen-Orient et en Chine étaient, quant à elles, inférieures à la normale. Ce froid inhabituel au Moyen-Orient a provoqué une rare tempête de neige à Jérusalem et la mort du corail au fond de la mer Rouge. Ce modèle de réchauffement des hivers a suivi

## Quelque 20 mégatonnes de dioxyde de soufre furent rejetées dans la stratosphère

provoquent une réduction de l'absorption des rayons ultraviolets dans la stratosphère, mais les aérosols volcaniques ont en revanche pour effet d'accroître globalement la radiation des rayons ultraviolets en surface.

En 1992-1993, les températures de la basse atmosphère en Amérique du Nord, en Europe et en Sibérie étaient beaucoup plus élevées que la normale. Les températures en Alaska, au

chaque éruption explosive tropicale importante riche en sulfate au cours des 150 dernières années.

Cette tendance au changement des températures atmosphériques de basse altitude est liée à une dépression circumpolaire très forte, un modèle de circulation appelé « oscillation arctique ». La dépression circumpolaire est renforcée par le réchauffement de la stratosphère inférieure tropicale, lié à

l'absorption des radiations solaires et terrestres par le nuage aérosol volcanique. En outre, l'appauvrissement de la couche d'ozone, qui, dans le cas du Pinatubo, a principalement eu lieu à des latitudes élevées dans l'hémisphère Nord, renforce également la dépression circumpolaire en se refroidissant au Pôle.

Le réchauffement de la planète s'est ralenti pendant plusieurs années après l'éruption du Pinatubo à cause des effets refroidissants des aérosols volcaniques. Mesurer le rôle de l'homme dans le réchauffement de la planète n'a pas été facile par le passé, car les observations relevées sur les changements climatiques indiquent des refroidissements irréguliers qui ne correspondent pas au réchauffement provoqué en théorie par les gaz à effet de serre. De nouvelles données sur les éruptions volcaniques passées, obtenues à partir de carottes de glace et autres sources, ont permis d'effectuer des simulations des changements climatiques pendant le petit âge glaciaire, et même les 1 000 dernières années.

Ces simulations présentent un modèle précis du changement climatique avant le siècle dernier, mais ne sont pas particulièrement bonnes pour le réchauffement du XX<sup>e</sup> siècle. Cependant, en combinant ces forçages naturels aux gaz à effet de serre d'origine humaine, d'excellentes simulations du siècle dernier ont permis au dernier rapport d'évaluation

du groupe intergouvernemental sur les changements climatiques (Giec, ou IPCC, en anglais) d'attribuer, comme il n'avait jamais été possible de le faire auparavant, le récent réchauffement aux actions humaines. En d'autres termes, les simulations du refroidissement provoqué par le Pinatubo valident les modèles climatiques utilisés pour le réchauffement de la planète et autres simulations.

Nous sommes maintenant préparés pour faire de bien meilleures prévisions sur les effets chimiques et climatiques résultant de la prochaine grande éruption volcanique, mais des améliorations continues du système d'observation et des modèles nous permettront de faire mieux. Par exemple, nous souhaiterions être capables de prévoir la distribution initiale et le transport du nuage d'émissions, ainsi que ses transformations chimiques et microphysiques, plutôt que de devoir attendre que des observations nous indiquent où le nuage aérosol se dirige et quelle est sa densité. Pour l'heure, la stratosphère est très propre, et des recherches continues inspirées par l'éruption du Pinatubo, il y a maintenant plus de dix ans, nous permettent d'améliorer notre capacité à mieux comprendre et prévoir les impacts de la prochaine grande éruption.

\* Climatologue à la Rutgers University, New Jersey.

## CLIMAT

### Le plan Bush critiqué

Le président américain George W. Bush a déçu, hier, en présentant un plan de rechange au protocole de Kyoto sur la lutte contre le réchauffement de la planète, qui avait été approuvé au printemps dernier par 170 pays à Marrakech.

L'Union européenne a accueilli avec tiédeur ce nouveau plan, estimant que le traité de Kyoto rejeté par les États-Unis reste la meilleure réponse au réchauffement climatique. De nombreuses associations écologistes ont fustigé, quant à elles, l'attitude du président américain. Le plan de Bush, qui entend préconiser « une nouvelle approche » compatible avec les exigences de l'économie améri-

caine, prévoit de simples mesures volontaires et des incitations fiscales. Selon la Maison-Blanche, le plan américain permettra de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 18 % au cours des dix prochaines années.

George Bush a aussi estimé qu'il serait « irresponsable » de ne pas demander à l'Inde et la Chine de réduire leurs émissions de gaz à effet de serre pour lutter contre le réchauffement climatique. N'ayant de cesse de dénoncer que le traité de Kyoto ne concernait que les pays industrialisés, il a affirmé sa volonté de rallier les pays en voie de développement à son plan.

## PALUDISME

### Une nouvelle molécule prometteuse

Une équipe de chercheurs français du CNRS et de l'Inserm vient de publier dans la revue américaine *Science* (15 février 2002), les résultats de travaux permettant d'envisager la mise au point d'un traitement innovant contre le paludisme. Actuellement, fait préoccupant, la résistance croissante des parasites aux traitements médicamenteux classiques, impose de découvrir de nouvelles molécules curatives.

On sait que la prolifération du parasite *Plasmodium falciparum* à l'intérieur du globule rouge s'accompagne d'une synthèse importante de phospholipides, composants essentiels des membranes du parasite. D'où la stratégie développée par l'équipe de l'université de Montpellier 2 dirigée par Henri Vial,

d'empêcher la synthèse des membranes du parasite en inhibant le métabolisme d'un phospholipide jouant un rôle majeur dans leur formation, la phosphatidylcholine.

Différentes molécules pouvant jouer le rôle d'inhibiteur ont été synthétisées. L'une d'entre elles, le G25 testé expérimentalement a démontré son efficacité à de très faibles concentrations : il est capable par voie intramusculaire de guérir définitivement des singes infectés par *Plasmodium falciparum*. Cette approche pharmacologique serait à un stade avancé et les premiers essais sur l'homme devraient bientôt être initiés. L'objectif actuel des chercheurs est de développer un composé actif par voie orale.

Dr M. P.

## BIOTECHNOLOGIE

### Le premier chat cloné

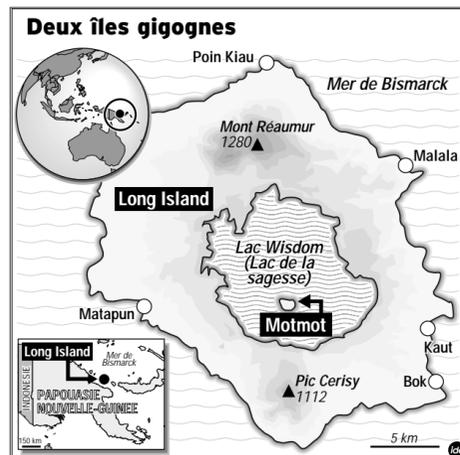
« Cc » est un adorable chaton né au Texas il y a deux mois. Il présente la particularité d'être le premier chat cloné, le premier animal de compagnie à être produit par cette technique de reproduction sans fécondation inaugurée chez les mammifères par la brebis Dolly il y a plus de cinq ans. Mark Westhusin et ses collaborateurs de l'université A&M de College Station au Texas publient les résultats de cette première dans la revue *Nature* à paraître le 21 février. L'université texane a collaboré par le passé avec la firme Advanced Cell Technology, sur des expériences de vaches clonées.

« Cc », baptisé ainsi en référence aux initiales de « copie carbone », est une chatte « écaille de tortue » au pelage tricolore. Elle ne ressemble pas du tout à sa mère porteuse, une chatte tigrée de race « tabby ». Plus surprenant, son pelage n'est pas non plus la copie conforme de celui de sa mère génétique. C'est la démonstration que le pelage n'est pas uni-

quement le fruit d'un déterminisme génétique, mais qu'il est influencé au cours du développement *in utero*. Les maîtres éplorés qui rêvent de créer, grâce à la science, un double de leur fidèle compagnon - canin ou félin - disparu, risquent d'en être pour leurs frais.

D'autant que la rentabilité du clonage de chat reste très faible, comme c'est le cas des ovins, des bovins ou des rongeurs. Les chercheurs texans ont réussi à obtenir 87 embryons clonés. Mais un seul est parvenu à se développer normalement : le chanceux « Cc ». Et encore Mark Westhusin ne se prononce-t-il pas encore sur l'état de santé de son clone miaulant. L'expérience de ces cinq dernières années a montré que nombreux sont les clones à souffrir de problèmes immunitaires et de malformations. Une étude japonaise récente (publiée sur Internet le 11 février par *Nature Genetics*) vient en outre de confirmer que l'espérance de vie des mammifères clonés est réduite. F. N.-L.

# Les débuts de la vie sur Motmot



Yves Miserey

Des éruptions volcaniques peuvent entièrement rayer de la carte la faune et la flore de certaines îles. Le 27 août 1883, l'île indonésienne de Krakatau, située entre Java et Sumatra, fut recouverte par plus de trente mètres de pierre ponce. Ce fut l'une des plus violentes explosions volcaniques de toute l'histoire, causant la mort de près de 36 000 personnes.

Cette île est vite devenue une référence en matière d'étude de la reconquête de la terre par le vivant. En effet, sa colonisation a été régulièrement inventoriée par des scientifiques hollandais, relayés ensuite par plusieurs équipes anglo-saxonnes. Les célèbres biologistes américains Mac Arthur et Wilson ont notamment utilisé toutes ces observations pour construire un modèle de fonctionnement des écosystèmes insulaires qui inspire encore la plupart des études écologiques actuelles.

Plusieurs îles volcaniques ont surgi de l'océan dans la période récente. Surtsey, apparue au large de l'Islande en 1966, est passée au peigne fin chaque année par les biologistes islandais. Née en 1957, l'île Tulumán, rattachée à l'archipel de l'Amirauté, n'a reçu la visite de scientifiques qu'une seule fois, en 1984.

On connaît aussi un petit nombre d'îles qui ont fait irruption au beau milieu d'un cratère

dont l'effondrement a provoqué la formation d'un lac. On distingue celles dont le cratère (caldeira) est partiellement envahi par la mer, comme l'Anak Krakatau, la plus fameuse d'entre elles, sortie au beau milieu du cratère du Krakatau en 1928. Et celles qui sont coupées de tout contact avec le milieu marin, bordées seulement par un lac, lui-même encerclé par la terre.

C'est le cas de Motmot, un îlot situé à 40 kilomètres de la Papouasie - Nouvelle-Guinée. Ce cône volcanique de 25 hectares a « poussé » en 1968 et en 1973 à l'intérieur du lac Wisdom, au beau milieu de l'île volcanique de Long Island. C'est une aubaine pour tous ceux qui étudient les processus de colonisation des plantes et des animaux. En effet, Long Island a connu aussi une éruption catastrophique au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle, comparable en intensité à celle de Krakatau. On pense que la majorité de la faune et de la flore a été anéantie, ensevelie sous près de 30 mètres de cendres. Habitée par un millier d'habitants et partiellement recouverte d'une forêt, Long Island a une longueur de 27 km sur 18 km de large.

En juin et en juillet 1999, une équipe internationale de dix chercheurs, dirigée par l'un des meilleurs spécialistes du Krakatau, Ian Thornton, de l'université La Trobe (Australie), a recensé toutes les espèces végétales et animales présentes à l'ouest de Long Island et sur Motmot. Les résultats de leurs



Motmot, un cône volcanique de 25 hectares, a « poussé » en 1968 et en 1973 à l'intérieur du lac Wisdom, au beau milieu de l'île volcanique de Long Island. (Photo Journal of Biogeography.)

travaux publiés par le *Journal of Biogeography* (28-2001) permettent d'avoir une idée des processus de colonisation de ces deux îles gigognes.

Si l'on devait résumer d'une formule la caractéristique principale de Motmot, on pourrait dire que cette île est coupée du monde. Les 55 kilomètres de mer séparant Long Island des côtes de la Papouasie - Nouvelle-Guinée, l'une des principales sources potentielles d'organismes, constitue une première barrière. Le territoire de l'île de Long Island forme une deuxième filtre. Enfin, le lac Wisdom forme une troisième barrière. Ce dernier n'a pas de poissons et peu d'espèces d'invertébrés en raison des températures souvent élevées de ces eaux du lac dues à l'activité volcanique. Des températures allant de 30 °C à 80 °C ont été enregistrées en 1988.

En dépit de tous ces obstacles, la vie s'est tout de même installée sur l'île Motmot. Une vie ténue. « Le degré zéro de la colonisation », n'hésite pas à dire Philippe Vernon, de l'université de Rennes 1-CNRS. La végétation se limite en effet à quelques herbes pionnières

comme les carex, dont les graines ont été transportées jusque-là sur les pattes des canards qui stationnent sur l'île. On ne dénombre pour l'instant que quatre arbres. Cela n'a rien de surprenant : les petites dimensions de l'île limitent le nombre d'espèces. En fait, la colonisation de Motmot est surtout limitée par le fait qu'elle est bordée par un lac et non par la mer, qui charrie et dépose sur les plages des déchets, les fameuses laines de mer, qui attirent toute une faune détritivore servant elle-même de nourriture à d'autres espèces. On est loin du dynamisme de l'écosystème qui s'est mis en place dans l'île d'Anak Krakatau dont les côtes bordent l'océan. Enfin, la structure du sol volcanique est tellement instable qu'elle ne constitue pas une niche écologique favorable.

« La faune et la flore de Long Island (âgée de près de 350 ans) se sont développées moins rapidement que celles de Krakatau, pourtant plus jeune », note Ian Thornton. À cet égard, la composition des populations d'oiseaux est particulièrement instructive. Le

nombre d'espèces (environ 50) est resté stable depuis 1933, inférieur au nombre théorique de 64 espèces attendu pour une île de cette région, de cette surface (330 km<sup>2</sup>), et compte tenu de son éloignement de la Nouvelle-Guinée. De plus, contrairement à ce qui se passe dans toute colonisation, les grands vagabonds (super-tramps) n'ont pas été remplacés par des espèces plus stables. Les chercheurs avancent l'hypothèse que ce « blocage » viendrait du fait que l'évolution de la végétation souffre de sévères périodes de sécheresse (huit mois en 1972) et des faibles capacités de rétention d'eau de substrats volcaniques à forte porosité.

« Dans la colonisation des milieux insulaires, on ne voit que ce qui réussit », note Philippe Vernon. Mais il ne faut pas perdre de vue que les échecs sont beaucoup plus fréquents que les succès. Le vent, les courants marins et les animaux charrient tout un lot de graines et d'animaux. Rien ne permet de dire aujourd'hui quels sont ceux qui arriveront à s'installer au cours de prochaines années. C'est pourquoi l'équipe de Ian

Thornton a décidé de faire des sondages tous les cinq ans à Long Island et à Motmot.

À lire aussi *L'Odyssée de La Boudeuse, au-dessus des volcans*, de Cécile Guérin, éditions J.-C. Lattès. Le géologue Eric Gilli et l'écologue Jacques Blot consacrent deux excellents chapitres à Long Island et à l'île de Motmot.

## LA PRINCESSE MARGARET RACONTÉE PAR FRÉDÉRIC MITTERRAND.



EN EXCLUSIVITÉ  
CE SOIR À 20 H 45 SUR MATCH TV.  
Rediffusions samedi à 10 h 40, dimanche à 16 h 55 et lundi à 21 h 40.

TOUT LE MONDE AVANT TOUT LE MONDE.

sur le câble et CANALSATELLITE