

## Vie scientifique

# « Écosystèmes et événements climatiques extrêmes »

## Compte rendu de colloque (Paris, 4-6 juillet 2007)

Jean-Marie Guastavino

Neurogénétique comportementale, Délégation aux Relations Internationales de l'Académie des Sciences, 75006 Paris, France

Ce colloque était organisé par l'Académie des sciences<sup>1</sup>. Environ 120 personnalités du monde scientifique, de l'université et du monde de l'entreprise étaient invitées. Le Comité scientifique, présidé par Henri Décamps et qui regroupait douze membres de l'Académie des sciences, avait choisi une thématique particulièrement actuelle et prégnante. Personne n'a en effet oublié, entre autres catastrophes récentes, le tsunami et les inondations responsables de nombreux morts. Il s'agissait d'aborder le phénomène des événements climatiques extrêmes dans ses dimensions à la fois historiques et géographiques et d'en traiter aussi bien les aspects aquatiques que terrestres, par une approche pluridisciplinaire. Afin de cadrer le débat, un large tour d'horizon a tout d'abord permis de mieux saisir les fluctuations de la population humaine depuis le paléolithique jusqu'à nos jours et d'en préfigurer la taille à l'horizon de 2050 (9 milliards), ainsi que sa stabilisation ensuite à la fin de ce siècle.

La première demi-journée fut consacrée aux réactions de la société devant les événements climatiques extrêmes : comment les systèmes d'alimentation se comporteront-ils face aux changements climatiques à venir ? Quelles sont les leçons que nous pouvons tirer du passé pour alimenter nos connaissances et choisir les meilleurs outils à la fois technologiques et économiques, afin de prévenir les effets néfastes de ces événements et fournir ainsi la réponse la plus adaptée ? Les canicules semblent, au moins dans nos contrées, assez bien maîtrisables. Elles le sont beaucoup moins dans les pays en développement où les risques de catastrophes naturelles sont moins

contournables. L'actualité récente nous en a donné des exemples dramatiques.

La deuxième demi-journée consista en une incursion dans le passé lointain, voire très lointain (celui des mammifères paléogènes). Ce long retour en arrière a permis de souligner le rôle des événements extrêmes dans l'évolution : création de nouvelles niches écologiques et de nouvelles opportunités pour les survivants ayant pu s'adapter. Une analyse fine, sur une large population, de la dynamique et des processus d'adaptation et d'extinction ou de survie a souligné l'importance du substrat sur lequel nous travaillons (les résultats varient considérablement selon les différentes espèces animales ou végétales) et des outils d'analyse (comme les méthodes statistiques évaluant la probabilité qu'un événement soit le fait du hasard ou le résultat d'un réchauffement global). Un autre événement extrême, celui du volcanisme géant marin, offre l'opportunité de mieux connaître l'influence d'un stress majeur sur une population de céphalopodes éteints depuis 65 Ma. De la succession rapide de ce type d'événements lors du dernier million d'années, il ressort que la flore et la faune marines ont réagi par des changements d'habitats sans altération majeure des écotypes. Une autre question peut également être éclairée par les leçons du passé, celle des effets qu'à état moyen constant du climat, la variabilité de la fréquence des extrêmes peut avoir sur les écosystèmes. Les états climatiques du passé apportent des réponses qui pourraient permettre de prévoir les implications d'un réchauffement futur dans l'hypothèse d'une moyenne qui augmente, mais qui présente peu de variabilité (de 23° +/- 0,2° jusqu'à 25° +/- 0,1°) et/ou, au contraire, dans le cas d'écart importants à la moyenne (de 23° +/- 0,2° à 25° +/- 6°). Enfin, la dernière transition glaciaire/interglaciaire nous renseigne sur la distribution et l'extinction de plusieurs espèces de grands mammifères

Auteur correspondant :

jean-marie.guastavino@academie-sciences.fr

<sup>1</sup> Il s'est tenu à la fondation Simone et Cino del Duca, 10 rue Alfred-de-Vigny, 75008 Paris.

ayant réagi très différemment aux modifications du climat, certaines (comme le cheval ou le bison) ayant survécu et d'autres (comme le mammouth) s'étant éteintes.

Dans la troisième partie de la rencontre, centrée sur l'examen de la réponse des systèmes écologiques, l'attention a tout d'abord porté sur l'incidence de l'*El Niño Southern Oscillation* (ENSO) sur la régénération des forêts dans les zones semi-arides du nord et du centre du Chili, ainsi que du nord-ouest du Pérou. Selon l'étude, ce phénomène peut permettre cette régénération à condition de bien contrôler l'impact des herbivores, y compris ceux venus d'Europe (lapin ou lièvre). Une étude de la réponse des arbres forestiers aux conditions extrêmes, comme une sécheresse prolongée, a permis de quantifier et de mettre en évidence la progression saisonnière des déficits hydriques; elle permet d'établir une typologie des sécheresses et donne la mesure de leurs effets différés et cumulatifs. Au cours de cette session, un retour a été fait sur l'environnement marin. Il retient moins l'attention que le milieu continental. Et pourtant, les intervenants ont donné une dizaine d'exemples montrant la grande diversité des événements extrêmes touchant ce milieu et illustrant leur rôle. Cela va des phénomènes naturels comme le volcanisme sous-marin ou les glissements de terrain aux pollutions accidentelles comme les marées noires. La session s'est terminée par la mise en évidence de l'importance des fluctuations dans les systèmes d'eau courante. Les variations constituent le phénomène normal et la stabilité l'exception. Deux études sur des rivières, une située en Afrique du Sud et l'autre en Amérique du Nord, en ont fourni une illustration.

Le quatrième thème du colloque portait sur les besoins de connaissances concernant le thème. C'est tout d'abord une question d'outils. Les méthodes statistiques? Sans aucun doute. Mais les méthodes actuelles d'analyse multivariée ne permettent pas de modéliser aisément la distribution des valeurs extrêmes du climat. Telles qu'elles se sont développées dans les domaines des finances et de l'hydrologie, elles devraient néanmoins permettre d'évaluer les incertitudes associées aux événements extrêmes, à partir d'une base statistique fondée sur des études de cas. Des modèles simples pour décrire les avalanches ou les tremblements de terre ont déjà été mis au point, mais ces modèles engendrent des événements dont la distribution décroît en loi de puissance (les variations du phénomène observé sont de moins en moins importantes au fur et à mesure que la cause augmente: on tend vers une asymptote à la valeur nulle, courbe dite aussi à longue queue). Deux exemples permettent d'illustrer ce problème. C'est, en physique, celui du tas de sable lorsqu'il est à l'état critique; il est alors impossible de corrélérer la réponse du système à la perturbation: ajouter un grain de sable sur le tas existant peut, soit ne rien provoquer de notable, soit entraîner l'effondrement du tas de sable. C'est, en biologie, celui du modèle de Bak Sneppen qui décrit l'évolution

d'une espèce et la discontinuité représentant l'évolution. Au Cambrien, une explosion de vie a permis l'apparition d'une quantité considérable d'espèces, tout comme au Crétacé avec l'apparition des mammifères. Entre-temps, il existe une longue période de quiescence où tout allait pour le mieux dans le meilleur des mondes avec un taux faible d'extinction d'espèces.

Une attention particulière a été accordée à la composante atmosphérique du cycle de l'eau, qui s'avère être l'une des composantes les plus sensibles des phénomènes climatiques, en raison de l'importance des rétroactions que les variations de la teneur de l'air en vapeur d'eau provoquent. Cette composante (la vapeur d'eau des nuages) constitue, par son importance dans ce cycle, un facteur d'incertitude considérable.

Les modèles s'affinent et les comparaisons « modèles-données » en permettent un usage croissant grâce aux satellites. Observation et modélisation sont également appliquées aux cyclones tropicaux pour la mise en évidence de tendances à long terme. C'est un exercice difficile à cause de la variabilité pluri-décennale des phénomènes, mais en raison aussi du manque de données fiables, surtout avant l'arrivée des satellites météorologiques. L'amélioration des simulations permise, entre autres, par ces données nouvelles permettra de réduire les incertitudes affectant la prévision de l'activité cyclonique. Une partie de nos connaissances sur les événements climatiques extrêmes est issue des enregistrements faits sur les glaciers. Des données recueillies sur ceux de l'Alaska et de l'Antarctique révèlent que de tels événements ont déjà été par le passé la cause au moins partielle de modifications importantes de la température des océans et de leur salinité.

Le dernier jour, le colloque s'est interrogé sur l'état de préparation de nos sociétés aux événements extrêmes. Bien que sortant du cadre strict des événements climatiques, le cas des épidémies est un exemple intéressant. Il s'agit en effet d'un phénomène particulièrement complexe (car les épidémies impliquent population d'hôtes, population pathogène et environnement) et mobilisateur (car, du fait notamment de la rapidité de leur diffusion, elles représentent une menace actuelle majeure). La première conférence internationale qui leur a été consacrée a ouvert un cycle d'échanges d'informations qui a abouti en 2000 à l'ouverture par l'OMS du « Réseau global d'alerte et de réponse aux épidémies ». Ce réseau s'appuie à la fois sur les autorités nationales et sur les ONG, avec la participation de l'Institut Pasteur à Paris et des *Centers for Disease Control* (CDC) à Atlanta (États-Unis).

La question des effets du changement climatique d'origine anthropique a été illustrée par quelques exemples tirés des publications du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) anticipant vagues de chaleur, sécheresses, pluies intenses et tempêtes. Parmi les résultats majeurs de ces travaux, on peut retenir qu'il

est très probable que les périodes de sécheresse estivale seront plus longues, mais que les modifications concernant la fréquence des vents forts demeurent incertaines. Enfin, la dernière intervention a montré la difficulté d'étudier les rapports entre les systèmes écologiques et les systèmes sociaux et la façon dont ils évolueront dans le futur. L'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) et le *Millennium Ecosystem Assessment* ont proposé des scénarii, comme les cartes de diminution des ressources halieutiques ou de modification de la distribution de la végétation. Ces exemples restent toutefois très limités.

S'il est possible de s'inspirer des méthodologies et des données des recherches sur les cinquante dernières années, le transfert direct de ces méthodes n'est néanmoins pas envisageable. Une recherche approfondie sur les différents états des écosystèmes et sur leur dynamique reste à faire.

La synthèse de ces travaux a souligné la nécessité de bien prendre en compte l'aspect holistique des événements extrêmes. Il a été décidé de renouveler ce genre de rencontre. Chercheurs et participants devraient donc se retrouver dans un lieu qui reste à déterminer.