

## **Stress écologique et chronobiologique de la dérive géoclimatique**

**S. Piérard, C. Piérard-Franchimont et G.E. Piérard**

**Rue du Sart Tilman 402, 4031 Angleur**

### **Les leçons du passé**

Le climat sur Terre n'est pas immuable. Les études paléoclimatiques fondées sur l'analyse des glaces polaires, des sédiments marins ou lacustres, des coraux et des grains de pollen ont montré que le facteur principal influençant le climat était d'origine astronomique. La position relative de la Terre par rapport au Soleil, responsable de l'ensoleillement et de la température à la surface du Globe, varie au cours du temps selon une périodicité bien déterminée. C'est ainsi que depuis environ deux millions et demi d'années, une alternance de périodes glaciaires et interglaciaires survient selon un cycle de 100.000 ans environ. A l'apogée de la dernière période glaciaire, il y a 20.000 ans, le niveau des mers était situé 120 mètres plus bas qu'actuellement et les plateaux continentaux étaient en grande partie émergés. Les calottes polaires atteignaient jusqu'à 3.800 mètres d'altitude en Amérique du Nord et 2.500 mètres en Scandinavie, et la glace de mer descendait jusqu'à 60° de latitude nord. Le climat s'est progressivement réchauffé peu après, pour aboutir à la période interglaciaire actuelle appelée Holocène par les paléoclimatologues.

Cette périodicité climatique de grande amplitude et à long terme est modulée par des variations de courte durée qui se situent largement en dehors du forçage astronomique. Les causes des changements paléo-environnementaux se trouvent dans les mécanismes complexes qui lient l'atmosphère, les océans et les glaces. Les variations sont enregistrées dans les sédiments et reflètent des états différents de température et de composition de l'atmosphère. Depuis 15.000 ans, en relation avec l'augmentation de l'insolation d'été reçue dans l'hémisphère nord, le climat de la Terre se réchauffe peu à peu, la limite des glaciers recule et la végétation forestière se développe en Europe. Il y a environ 10.500 ans, ce réchauffement s'est interrompu brutalement et les conditions glaciaires ont de nouveau prévalu en Europe. Cette période froide du Dryas récent a été particulièrement importante, affectant de façon considérable les paysages et les conditions de vie. C'est vers cette époque qu'ont disparu les derniers représentants des mégafaunes du Pléistocène, comme les mastodontes et les rhinocéros laineux.

Le Dryas récent tient son nom d'une plante herbacée de la famille des rosacées qui pousse actuellement en haute montagne ou dans les régions arctiques. Les palynologues ont retrouvé la trace de grains de pollen fossilisés de cette plante dans les sédiments lacustres et tourbeux datant de 10.500 ans en Europe du nord, sur les Iles Britanniques et dans beaucoup d'autres régions du Globe.

Les causes de ce brusque retour au froid sont encore mal comprises. Il est certain que l'océan joue un rôle primordial dans le système climatique, notamment dans le transfert des flux de chaleur des tropiques vers les hautes latitudes. Aujourd'hui, les

eaux chaudes intertropicales des océans indien et atlantique sont transportées par des courants de surface jusqu'en mer de Norvège où, en raison des basses températures et du sel que rejette la glace de mer lors de sa formation, les eaux deviennent plus denses et plus salées. Elles plongent en profondeur formant alors la circulation thermohaline. Les effets possibles des changements d'albédo (fraction d'énergie solaire réfléchie) provoqués par les modifications de la couverture végétale, l'étendue du permafrost et de la glace, ainsi que les activités volcanique et solaire sont autant d'autres causes possibles du changement climatique ou, au moins, de facteurs amplificateurs de l'instabilité du climat.

L'explication la plus couramment invoquée pour le refroidissement du Dryas récent repose sur le rôle joué par l'écoulement des eaux de fonte de la calotte glaciaire nord-américaine. A cause du réchauffement progressif du climat, celle-ci s'est rétractée vers le nord libérant le cours du fleuve St-Laurent. Les eaux de fonte, qui jusqu'alors se déversaient dans le golfe du Mexique par l'intermédiaire du Mississippi, ont alors été détournées vers le nord de l'Atlantique par le fleuve St-Laurent. L'apport considérable d'eau douce a diminué la salinité et la densité de l'eau de mer et bloqué la remontée des eaux chaudes de la dérive nord-Atlantique.

Le paradoxe du Dryas récent illustre bien la complexité du système climatique. A ce moment, l'insolation et donc la quantité de chaleur reçue dans l'hémisphère nord était forte, provoquant la fonte des glaces. Par réactions en chaîne, l'arrêt de la circulation thermohaline et le réchauffement du climat ont entraîné un effet inverse

marqué par le retour à des conditions glaciaires. Après le Dryas récent, le climat de la terre s'est réchauffé et humidifié, et les forêts ont colonisé les espaces dégagés par la fonte des glaces en Europe.

### **Le climat aujourd'hui et ses impacts biologiques**

A la variabilité naturelle des climats s'ajoutent aujourd'hui les conséquences de l'activité humaine qui, en renforçant l'effet de serre par la libération de CO<sub>2</sub>, provoque un réchauffement global de l'atmosphère. De fait, un réchauffement climatique global de 0,6°C est survenu en deux vagues au cours du dernier siècle, plus particulièrement entre 1910 et 1945, et depuis 1976. Le rythme actuel de réchauffement est approximativement le double de celui de la première période. Il est également le plus intense du dernier millénaire (1). En général, l'étendue des fluctuations de la température au cours du nyctémère a diminué car la température minimale s'est accrue deux fois plus que la température maximale. Par voie de conséquence, la période annuelle de gel s'est raccourcie dans les régions de moyenne et de haute latitude. Les glaciers en altitude et les glaces polaires ont sensiblement reculé et diminué en épaisseur.

Les changements du régime des précipitations sont eux aussi hétérogènes selon les régions du monde et la période de l'année. Sous les latitudes moyennes et hautes de l'hémisphère nord, la pluie a augmenté chaque décennie de 0,5 à 1% en automne et

en hiver, alors que dans les régions subtropicales, les précipitations ont diminué de 0,3% de manière concomitante.

Les organismes vivants, les populations et les écosystèmes ne répondent pas de manière globale à la moyenne des changements climatiques. Ils ne sont en fait sensibles qu'aux effets climatiques régionaux qui eux sont hétérogènes et très contrastés à la surface de la terre. Il est aujourd'hui avéré que ces changements géoclimatiques affectent réellement la vie et en particulier la chronobiologie sur terre (2-7).

### **Chronobiologie**

La chronobiologie reconnaît un ensemble de cycles temporels qui influencent les activités des organismes. La phénologie considère en particulier l'influence des saisons. Par voie de conséquence, elle est particulièrement bien adaptée à l'évaluation des modifications écologiques secondaires à des bouleversements climatiques (7-9). La température n'est certainement pas le seul facteur régulateur de la chronobiologie. Le photopériodisme, les systèmes régulateurs génétiques et la taille des populations sont également importants à considérer. Les papillons, les oiseaux et les plantes sauvages sont des modèles d'observation bien adaptés à cette problématique. Des changements phénologiques sont souvent similaires chez les plantes et les oiseaux. Cependant, le réglage des cycles dans des groupes taxonomiques différents peut être asynchrone, et dès lors avoir des conséquences écologiques profondes.

Les activités de printemps sont initiées par les premiers chants d'oiseaux, les signes de recherche de nourriture pour les oisillons, le retour des oiseaux migrateurs, les premiers vols de papillons, les pontes d'amphibiens, l'éclosion et la floraison de plantes, et la survenue de bien d'autres signes du réveil de la nature. En règle générale, ces activités printanières en Europe de l'ouest surviennent progressivement plus tôt dans l'année. En comparaison, le recul de l'automne est moins prononcé et beaucoup plus inégal. C'est ainsi que le départ des oiseaux migrateurs (10) et le jaunissement des feuilles est hétérogène selon les régions, voire même entre des stations d'observation voisines (11). En Europe, le changement de couleur des feuillages a reculé de 0,3 à 1,6 jour par décennie depuis un demi-siècle. La combinaison d'un printemps plus précoce et d'un automne retardé a fait augmenter la période de croissance de la végétation d'environ 3,6 jours par décennie (9, 12, 13). Il en résulte une augmentation de l'amplitude du cycle du CO<sub>2</sub> (14) et un risque accru de dégâts par des gelées tardives.

Les différences phénologiques selon les espèces sont grandes. A titre d'exemple, les oiseaux migrateurs sur une courte distance tendent à arriver plus tôt sur leur site estival, alors que ceux qui parcourent de longues distances ne changent pas ou retardent leur arrivée (8,15). Il faut ajouter que les effets de la géoclimatologie sur la chronobiologie sont différents dans l'est européen par rapport à nos régions. Le printemps y serait retardé (12, 16, 17).

### **Nouvelles biocénoses et nouveaux biotopes**

Le régime des climats influence la distribution des espèces selon des seuils de tolérance de température, de précipitations et parfois de luminosité. Avec la tendance générale au réchauffement, ces enveloppes climatiques ont tendance à migrer lentement plus haut en latitude ou en altitude. Il en résulte que la biocénose d'un endroit donné peut se modifier lorsque certaines espèces sont contraintes de trouver un biotope plus adapté à leur développement et à leur survie. Ceci n'est possible que si le nouveau milieu apporte les ressources nécessaires à la survie et à la dispersion des espèces concernées. Dans certains cas, comme celui des coraux bâtisseurs de récifs, le changement de zone d'habitat n'est pas possible (18). On assiste alors à une extinction d'une population voire même d'une espèce ou d'un groupe taxonomique. A titre d'exemple, on rapporte qu'au cours de la seule année 1998, près de 16% des coraux bâtisseurs de récifs ont été détruits dans le monde (19).

La compétition entre des espèces est elle aussi influencée par les variations de climat et elle peut se déséquilibrer dramatiquement. Les exemples les plus flagrants se trouvent dans l'invasion de mers et de cours d'eau de zones tempérées par du phytoplancton et des plantes thermophiles d'origine exotique (20-24).

Sur les continents aussi, la faune et la flore s'est modifiée parfois considérablement dans certaines régions. Un changement climatique peut en effet influencer dramatiquement un biotope terrestre (25). L'interrelation étroite entre tous les acteurs de la vie est telle que certains animaux auparavant nombreux peuvent

disparaître, alors que d'autres entrent dans une phase d'expansion naguère inconnue (25).

### **Médecine et géoclimatologie**

La géoclimatologie est la clé de voûte de la plupart des maladies tropicales (26). Ceci est particulièrement vrai pour les maladies parasitaires transmises ou non par un arthropode vecteur (27).

Des insectes suivent en particulier l'évolution climatique. Certains d'entre eux sont les vecteurs de maladies transmises à l'homme et à des animaux. Dès à présent, diverses affections secondaires à la piqûre de certains moustiques gagnent de nouveaux territoires en Asie, dans l'est africain et en Amérique latine (28). Les mouvements géographiques des isothermes sont ainsi des facteurs qui risquent d'influencer la gestion de la santé publique dans le monde.

### **Références**

1. Climate Change 2001. Third assessment report of the intergovernmental panel on climate change IPCC (WG I & II), Cambridge Univ, Press, Cambridge, 2001.
2. Hughes L. Biological consequences of global warming : is the signal already apparent ? Trends Ecol Evol 2000; 15: 56-61.

3. Wuethrich B. How climate change alters rhythms of the wild. *Science* 2000; 287: 793-795.
4. McCarty JP. Ecological consequences of recent climate change. *Conserv Biol* 2001; 15: 320-331.
5. Ottersen G, et al. Ecological effects of the North Atlantic Oscillation. *Oecologia* 2001; 128:1-14.
6. Walther GR, Burga CA, Edwards PJ (eds). « Fingerprints » of climate change – adapted behaviour and shifting species ranges, Kluwer Academic Plenum, New York 2001.
7. Walther GP, et al. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 2002; 416 : 389-395.
8. Bairlein F, Winkel W. In : *Climate of the 21<sup>st</sup> Century : changes and risks*. Eds. Lozan JL, Grassl H, Hupfer P. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 2001, pp 278-282.
9. Menzel A, Estrella N. In : *Climate of the 21<sup>st</sup> Century : changes and risks*. Eds. Lozan JL, Grassl H, Hupfer P. Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg, 2001, pp 123-137.
10. Gatter W. Timing and patterns of visible autumn migration : can effects of global warming be detected ? *J Ornithol* 1992; 133 : 427-436.
11. Menzel A, Estrella N, Fabian P. Spatial and temporal variability of the phenological seasons in Germany from 1951-1996. *Glob Change Biol* 2001;7 :657-666.

12. Menzel A, Fabrian P. Growing season extended in Europe. *Nature* 1999;397 :659.
13. Myneni RB, Keeling CD, Tucker CJ, Asrar G, Nemani RR. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature* 1997;386 :698-702.
14. Keeling CD, Chin JFS, Whorf TP. Increased activity of northern vegetation inferred from atmospheric CO<sub>2</sub> measurements. *Nature* 1996;382 :146-149.
15. Huin N, Sparks TH. Spring arrival patterns of the cuckoo *Cuculus canorus*, nightingale *Luscinia megarhynchos* and spotted flycatcher *Musciapa striata* in Britain. *Bird Study* 2000; 47 :22-31.
16. Ahas R. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia. *Int J Biometeorol.* 1999; 42 :119-123.
17. Sparks T, Heyen H, Braslavska O, Lehikoinen E. Are European birds migrating earlier ? *BTO News* 1999; 223 : 8-9.
18. Hoegh-Guldberg O. Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Mar Freshwat Res* 1999; 50 : 839-866.
19. Wilkinson CR. *Status of Coral Reefs of the World : 2000 Global Coral Reef Monitoring Network*, Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia, 2000.
20. Chisholm JRM, Jaubert JM, Giaccone G. *Caulerpa taxifolia* in the northwest Mediterranean : introduced species or migrant for the Red Sea ? *C R Acad Sci Life Sci* 1995; 318 : 1219-1226.

21. Nehring S. Establishment of thermophilic phytoplankton species in the North Sea : biological indicators of climatic changes ? ICES J Mar Sci 1996; 55 : 818-823.
22. Nider J, La Mesa G, Vacchi M. *Blenniidae* along the Italian coasts of the Ligurian and the Tyrrhenian Sea : Community structure and new records of *Scartella cristata* for northern Italy. Cybium 2000; 24 : 359-369.
23. Walther GR. Climatic forcing on the dispersal of exotic species. Phytocoenologia 2000; 30 : 409-430.
24. Dukes JS, Mooney HA. Does global change increase the success of biological invaders ? Trends Ecol Evol 1999; 14 : 135-139.
25. Brown JH, Valone TJ, Curtin CG . Reorganization of an arid ecosystem in response to recent climate change. Proc Natl Acad Sci USA 1997; 94 : 9729-9733.
26. Piérard GE, Arrese JE, Piérard-Franchimont C. Esquisse des fondements de la dermatologie tropicale. Rev Méd Liège 2000; 55 : 516-526.
27. Hermanns-Lê T, Hermanns JF, Kharfi M, Fazaa B, Piérard-Franchimont C, Piérard GE. Morsures par des arthropodes furtifs d'ici et d'ailleurs. Rev Med Liège 2000; 55 : 539-542.
28. Epstein PR, et al. Biological and physical signs of climate change : focus on mosquito-borne diseases. Bull Am Meteorol Soc 1998;79 :409-417.

