

Il faisait aussi chaud en Angleterre vers 1730 qu'aujourd'hui

# CE QUE NOUS APPRENNENT LES THERMOMÈTRES

ANDERS MOBERG ET GASTON DEMAREE

**Au cours de ce siècle, la température moyenne du Globe s'est élevée de 0,7 °C, celle de l'Europe de 0,6 °C. Mais ces moyennes masquent des variations importantes. Et les longues séries instrumentales de températures établies depuis plus de trois cents ans montrent qu'à l'échelle du Vieux Continent, ce réchauffement ne sort pas des limites de la variabilité naturelle.**

**ANDERS MOBERG** est chercheur-enseignant au département de géographie physique de l'université de Stockholm.

**GASTON DEMAREE** est chercheur au département de recherche météorologique et de développement de l'Institut royal météorologique de Belgique. Ce texte a été traduit par Philippe Brenier.

Les mesures instrumentales restent les meilleures sources d'information sur les fluctuations passées de la température. Elles n'existent malheureusement, que pour les trois derniers siècles. Encore, faut-il se méfier des plus anciennes, car il ne suffit pas de disposer quelques thermomètres à la surface de la Terre pour en connaître la température : les instruments et les modalités de mesure ont considérablement évolué au fil des ans. Mesurer une température globale, que ce soit à l'échelle du Globe ou d'un continent, nécessite donc de trier, d'homogénéiser des milliers d'observations issues de sources différentes<sup>(1,2)</sup>.

**Premiers instruments.** Les données les plus précises sont évidemment les plus récentes. Elles nous sont fournies quotidiennement depuis une cinquantaine d'années par les ballons-sondes et depuis 1979 par les satellites<sup>(3)</sup>. Pour remonter plus loin dans le temps, on a recours aux mesures traditionnelles fondées sur l'utilisation des thermomètres. Quoique l'instrument ait été inventé par Galilée vers 1590, les premières données quantitatives n'apparaissent qu'au milieu du XVII<sup>e</sup> siècle avec la mise au point de thermomètres standardisés. La cohérence et la précision des observations météorologiques ne cesseront alors de progresser, notamment grâce à l'essor des premiers réseaux d'observation établis sous l'égide de sociétés savantes.

En 1654, l'Accademia del Cimento (ou Académie des expériences) installe, à l'initiative du grand duc de Toscane, Ferdinand II de Médicis, un réseau de stations équipées d'instruments météoro-



logiques normalisés. Les stations implantées à Parme, Milan et Bologne, puis à Florence, Pise, Curtigliano, Vallombrosa, Innsbruck, Osnabrück, Paris et Varsovie enregistrent presque toutes les heures la température, la pression atmosphérique, la direction du vent, l'humidité et les conditions météorologiques. Malheureusement, le réseau cesse de fonctionner en 1667, à la fermeture de l'Académie.

D'autres initiatives intéressantes marquent cette époque. A la fin de 1663 et au début de 1664, Robert Hooke propose à la toute nouvelle Royal Society de Londres de nouveaux thermomètres afin de normaliser les observations météorologiques. En 1723, un nouvel élan est donné à ce travail par le secrétaire de la Royal Society, James Jurin. Il demande à toutes les personnes motivées et équipées d'appareils normalisés d'envoyer chaque année leurs relevés météorologiques quo-

**Si les années 1990 battent tous les records de chaleur sur les thermomètres, la décennie 1729-1738 arrive en deuxième position. Tout au moins en Angleterre, où il faisait bon vivre, la température ayant gagné 1,79 °C en moins de trente ans !**

(THOMAS BOWLES, CLICHE THE BRIDGEMAN ART LIBRARY)

tidien à la Royal Society. C'est ainsi que de nombreux rapports lui seront envoyés d'Europe, d'Inde et d'Amérique du Nord, dont les résumés sont publiés régulièrement dans les *Philosophical Transactions*. Le projet cesse dans les années 1740.

**Réseaux d'observation.** En France, l'Académie des sciences, dès sa création en 1666, a publié des observations météorologiques dans les *Histoire et mémoires de l'Académie des sciences* et dans les *Mémoires de mathématiques et de physique*.



La première échelle d'Anders Celsius marquée sur un vieux thermomètre de l'Isle. C'est avec ce thermomètre que l'astronome suédois fit les expériences qui devaient aboutir à la mise au point de la fameuse « échelle Celsius ».

(CLICHE GOSTA H. LILJEQUIST)

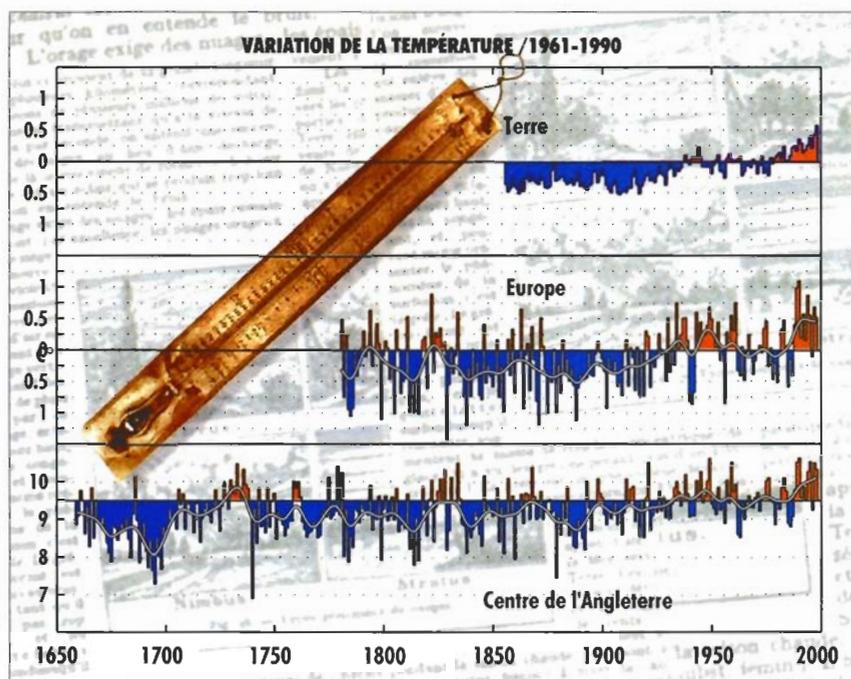


Figure 1. Les fluctuations de la température depuis qu'on la mesure : en haut, les variations des moyennes annuelles de l'ensemble de la planète entre 1856 et 1998 et, au milieu, de l'Europe entre 1781 et 1998. Ces deux courbes expriment les écarts de température par rapport à une période de référence 1961-1990. En bas, la série la plus longue, reconstituée à partir des mesures mensuelles réalisées depuis 1659, donne la valeur absolue des températures, l'horizontale indiquant la référence 1961-1990.

(1) Philip D. Jones, *Journal of Climate*, 7, 1794, 1994. Données actualisées jusqu'en 1998 sur le site <http://www.cru.ueca.ac.uk/>

(2) Gordon Manley, *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 100, 359, 1974; David Parker, T.P. Legg et C.K. Folland, *International Journal of Climatology*, 12, 317, 1992. Données actualisées jusqu'en 1998 par D. Parker, communication personnelle.

(3) Christian-D. Schönwiese et J. Rapp, *Climate trend Atlas of Europe based on Observations 1891-1990*, Kluwer Academic Publishers, 228 p., 1997.

(4) Anders Moberg et H. Bergström, *International Journal of Climatology*, 17, 667, 1997.

(5) E.F. Arvan van Engelen et J.W. Nellesstijn, *Monthly, Seasonal, and Annual Means of the Air Temperature in Tenths of Centigrade in De Bilt*, Netherlands, 1706-1995, Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut, De Bilt, 6, 1992.

La Recherche a publié :

(I) Philip Jones, « Le climat des mille dernières années », mars 1990.

(II) David F. Parker, Chris K. Folland, « Peut-on mesurer la température terrestre ? », mai 1992.

Il faut attendre 1776, pour qu'un véritable réseau météorologique soit mis en place sur l'Hexagone. L'initiative en revient à la Société royale de médecine et à son secrétaire, Vicq d'Azyr.

Quatre ans plus tard, en 1780, Karl Theodor fonde la Société palatine de météorologie à Mannheim et institue un réseau très complet d'observations associant des académies, des universités et des monastères, en Russie, en Europe, au Groenland et en Amérique du Nord. Malheureusement, les trente-neuf observatoires ne résisteront pas au vent révolutionnaire de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle.

**Installés en pleine campagne au XVIII<sup>e</sup> siècle, de nombreux observatoires se trouvent aujourd'hui en zone urbaine toujours plus chaude**

Pour la seule Europe, nous disposons ainsi d'une trentaine de séries d'observations météorologiques instrumentales, souvent continues, dont les plus anciennes remontent au XVII<sup>e</sup> siècle. Cependant, l'interprétation en est délicate car les thermomètres n'étaient pas normalisés. Ce n'est qu'en 1742 que l'astronome suédois Anders Celsius invente une échelle (qui porte son nom) pour l'étalonnage des thermomètres en utili-



Figure 2. A l'échelle de l'Europe, l'évolution des températures de 1891 à 1990 révèle une grande disparité régionale et saisonnière. A gauche, les hivers plus chauds, surtout en Europe de l'Est, expliquent une grande partie du réchauffement global.

sant les points de congélation et d'ébullition de l'eau comme points de référence. En outre, les modalités de mesure ont évolué au cours du temps. A la fin du XVII<sup>e</sup> siècle et au début du XVIII<sup>e</sup> siècle, par exemple, le thermomètre était couramment mis à l'intérieur des bâtiments, dans une pièce orientée au nord, non chauffée et bien aérée. A la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, le thermomètre était en revanche placé en plein air, contre le mur nord d'un bâtiment. Actuellement, les thermomètres sont logés dans un abri de bois peint en blanc, à deux mètres environ au-dessus d'un sol herbeux afin de les protéger du rayonnement solaire et des précipitations<sup>(1)</sup>. Par ailleurs, les observateurs n'ont

pas toujours indiqué l'heure, ni la position du lieu de la mesure.

Autre difficulté : « l'île thermique » urbaine. Nombre des plus longues séries européennes de températures proviennent d'observatoires situés, au XVIII<sup>e</sup> siècle, à l'extérieur des villes. Mais la croissance rapide au moment de la révolution industrielle, au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, fait que certains de ces observatoires se retrouvent aujourd'hui en pleine ville où l'activité humaine provoque un réchauffement local dont l'amplitude atteint souvent 1 °C.

**Mesures « polluées ».** Gardons toujours à l'esprit que, même soigneusement « nettoyées », les données restent « polluées » par une composante non climatique trompeuse pour nous qui voulons interpréter les climats anciens. Les erreurs peuvent ainsi atteindre  $\pm 0,5$  °C sur une température moyenne annuelle, et environ  $\pm 0,1$  °C pour une moyenne sur trente ans, c'est-à-dire l'ordre de grandeur du réchauffement annoncé.

Voyons maintenant ce qui est arrivé au climat européen au cours de ces trois derniers siècles. Trois séries instrumentales nous serviront de référence. La première, la plus connue, est celle des températures moyennes annuelles établie pour la pla-

nète par Philip Jones et ses collaborateurs de l'université d'East Anglia entre 1856 et 1998. Elle provient de la compilation de données continentales et marines issues de milliers d'endroits répartis dans le monde entier<sup>(1)</sup> (fig. 1). La deuxième a été construite par nos soins et donne les températures moyennes annuelles en Europe de 1781 à 1998. La troisième, la plus longue, a été reconstituée pour une localité du centre de l'Angleterre par le Britannique Gordon Manley de l'université de Lancaster à partir des mesures mensuelles de la température de l'air depuis 1659<sup>(2)</sup>.

Qu'observe-t-on ? Tout d'abord, l'Europe et le reste du monde ont ten-

... dance à se réchauffer sensiblement depuis le début du XX<sup>e</sup> siècle. Ce réchauffement s'est produit en deux temps : avant les années 1940 et depuis le milieu des années 1970. Cependant, l'Europe n'a pas connu au cours des dernières années la même tendance au réchauffement que la Terre dans sa globalité. Comme le souligne Philip Jones : « *L'élévation de température des années 1995-1998 provient essentiellement des tropiques, de l'Amérique du Nord et de la Sibérie* ».

Au cours de ce siècle, l'Europe s'est réchauffée d'environ 0,6 °C (contre 0,7 °C au niveau mondial). Ce chiffre masque en fait une disparité importante entre les saisons et les régions, ainsi que l'illustre le travail de Christian-D. Schönweise et de Jörg Rapp, de l'Institut de météorologie et de géophysique de l'université Goethe à Francfort. En reprenant quatre-vingt-dix séries individuelles de températures issues de toute l'Europe, les deux Allemands ont dressé des cartes permettant de suivre l'évolution de la température entre 1891 et 1990<sup>(3)</sup> (fig. 2 et 3). Si le réchauffement a été particulièrement sensible en Europe de l'Est (jusqu'à + 1,5 °C), au sud-ouest de la péninsule ibérique (+ 1 °C) et sur de

+ 1 °C), sauf vers le sud-est méditerranéen (jusqu'à - 0,5 °C).

Autre fait marquant qui ressort de l'examen des courbes de températures : l'Europe a connu par le passé des vagues de chaleur comparables à celle de ce XX<sup>e</sup> siècle. Revenons à la troisième série de températures (fig. 1). La fin du XVII<sup>e</sup> siècle, la partie la plus rigoureuse du « petit âge glaciaire\* » était beaucoup plus froide qu'actuellement : entre 1659 et 1700, la température moyenne était de 0,83 °C inférieure à la moyenne établie pour la période 1961-1990.

### Le « grand hiver » de 1739-1740, dominé par des vents d'est, a brutalement mis fin à la vague de chaleur de la décennie 1730 en Europe

La décennie la plus froide (1691-1700) se situait à 2 °C au-dessous des températures des dix dernières années (1989-1998). Mais ce froid cessa assez brutalement et fut suivi par un très net réchauffement jusqu'aux années 1730. Et la décennie 1729-1738 fut, en Angleterre centrale, la plus chaude après celle que nous venons de vivre : la température moyenne y a été supérieure de 0,38 °C à la moyenne 1961-1990. De 1691-1700 à 1729-1738, la température s'est élevée de 1,79 °C en à peine trente ans, ce qui correspond à un réchauffement beaucoup plus important et plus rapide que les 0,6 °C observés au cours du XX<sup>e</sup> siècle. Les séries de températures établies à Uppsala, en Suède<sup>(4)</sup>, et à De Bilt, aux Pays-Bas<sup>(5)</sup>, confirment que la chaleur des années 1730 était comparable à celle d'aujourd'hui.

En Europe, ces chaudes années ont été dominées par des flux atmosphériques de sud-ouest, responsables d'hivers très doux en général. L'influence des vents d'ouest a également été déterminante au cours des décennies récentes. Elle explique la douceur hivernale des dix dernières années. Malheureusement la rareté des données climatiques pour les années 1730 ne permet pas de comparaisons plus précises. Mais on sait que c'est le « grand hiver » de 1739-1740, dominé par des vents d'est, qui a brutalement mis fin à la chaleur de la décennie 1730 en Europe centrale et occidentale. Ce « grand hiver » a en outre marqué le début d'une série d'années plus froides. Avec cependant, une fois de plus, des différences régionales. En Scandinavie, ce même hiver ne fut pas sensiblement plus froid que beaucoup d'autres : l'Europe du Nord se trouvait probablement, comme souvent, sous l'influence de vents d'ouest.

Plutôt que de comparer des températures moyennes annuelles, il serait évidemment intéressant de considérer les températures extrêmes observées certains jours. Le projet européen IMPROVE\* se propose ainsi de décrire l'évolution du climat en Europe au cours des deux cent cinquante dernières années par l'analyse de mesures quotidiennes de température et de pression. Il se terminera d'ici à quelques mois. Mais nous pouvons d'ores et déjà faire quelques remarques.

La série des températures quotidiennes de Stockholm, ininterrompue de 1756 à 1998, nous a permis de mettre en évidence les variations d'incidence des températures anormalement basses ou élevées. Un jour « chaud » se caractérise par une température moyenne supérieure à + 22 °C ; un jour « froid » par une température inférieure à - 15 °C. Ces limites sont valables pour le climat de Stockholm.

**Températures quotidiennes.** Le nombre de jours chauds de l'année a varié notablement d'une année à l'autre et d'une décennie à l'autre. Les années comportant le plus grand nombre de jours chauds sont antérieures à 1820, mais on n'observe aucune évolution claire. En revanche, l'incidence des jours très froids a clairement diminué depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle.

Est-ce à dire que, si le réchauffement global devait se poursuivre, les jours froids disparaîtraient ? Certainement pas. A la fin de janvier dernier — moins d'un mois après l'année « la plus chaude » jamais vue sur la planète — une masse d'air froid a traversé le nord de la Scandinavie et poursuivi son chemin sur l'Europe. En Suède, le record absolu de froid pour un mois de janvier, - 49 °C, a été observé le 27 janvier à Karesuando, tout au nord du pays, près de la frontière finlandaise. La température est même descendue à - 51,2 °C dans le village norvégien de Karasjok et à - 69 °C sur la péninsule russe de Kola ! Ainsi, quelles que soient les causes du réchauffement actuel — augmentation des gaz à effet de serre, de l'insolation ou diminution des aérosols volcaniques dans l'atmosphère, voire les trois à la fois — le climat continue à varier comme dans le passé. Ses fluctuations n'ont pas fini de nous surprendre...

A.M. et G.D. ■

#### Pour en savoir plus

■ Thomas E. Graedel et P.J. Crutzen, *Atmosphere, Climate and Change*, Scientific American Library, New York, 1997.

■ Hubert H. Lamb, *Climate, history and the Modern World*, Methuen, London and New York, 1982.

■ Enrique Monton Chiva et J. Quereda Sala, *Hacia un cambio climático? La evolución del clima mediterráneo desde el siglo XIX*, Fundación Davalos-Fletcher, Castellón, 520 p., 1997.

\*Le « PETIT ÂGE GLACIAIRE » désigne la période froide du millénaire allant de 1550 à 1850.

\*L'acronyme IMPROVE signifie *Improved understanding of past climatic variability from early daily European instrumental sources*.

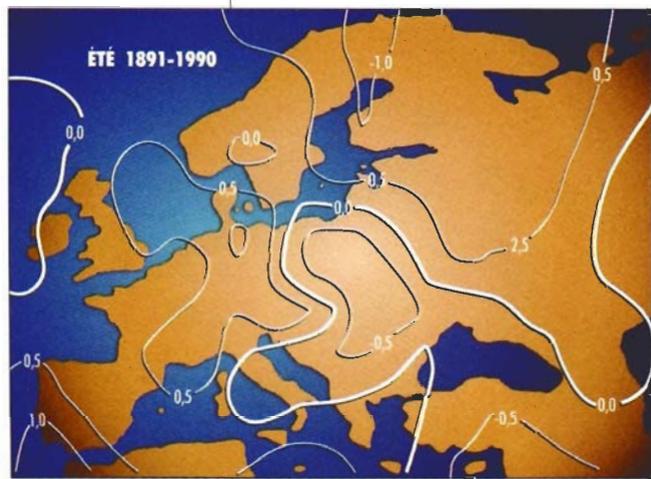


Figure 3. La carte des variations estivales montre que les étés se réchauffent moins que les hivers (fig. 2). En Europe centrale, ils se sont même refroidis d'environ 0,5 °C. (D'APRÈS SCHONWEISE ET RAPP, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS)

larges zones d'Europe occidentale et septentrionale (+ 0,5 °C), il fut nettement moindre, voire nul en Europe centrale et à l'est de la Méditerranée.

**Différences régionales.** En Europe de l'Est, ce sont les printemps qui ont subi le plus fort réchauffement séculaire (plus de 2 °C contre + 0,5 °C ailleurs sur le Vieux Continent) et en hiver (+ 2,5 °C contre + 0,5 à + 1 °C). A l'inverse, le nord de la Finlande et de la péninsule scandinave a connu un refroidissement hivernal atteignant - 1 °C. Les étés ont été plus froids en Europe de l'Est (- 0,5 °C), et plus chauds pratiquement partout ailleurs (+ 0,5 °C). Enfin, les automnes se réchauffent depuis un siècle (+ 0,5 à