

les étoiles sont plus brillantes à l'approche de leur activité magnétique maximale. Certaines étoiles ont une variation d'éclat aussi faible que le Soleil – 0,1 pour cent sur le dernier cycle de 11 ans –, alors que la variation d'éclat d'autres étoiles atteint 0,6 pour cent lors d'un cycle. Aujourd'hui le Soleil varierait donc moins que par le passé.

Grâce aux observations stellaires des dernières années, les astrophysiciens ont retracé l'évolution des étoiles de type solaire. Les étoiles jeunes ont une période de rotation relativement courte, de quelques jours, et une activité magnétique intense et irrégulière. Des variations d'éclat de quelques pour cent accompagnent ces variations d'activité magnétique. Les étoiles jeunes sont toutefois moins lumineuses lors du pic d'activité, sans doute parce que les taches sombres sont si grandes qu'elles dominent les facules brillantes qui les entourent. Quand les étoiles vieillissent, leur rotation ralentit et leur activité magnétique décroît. Des minimums de Maunder apparaissent pour ces étoiles «plus vieilles». Leur éclat est maximum lorsque leur nombre de taches est élevé. La luminosité peut alors varier de un pour cent au cours d'un cycle.

Quelle influence sur la Terre?

Ces résultats indiquent un changement de luminosité d'au moins 0,4 pour cent entre la phase cyclique et le minimum de Maunder. Cette valeur correspond à une décroissance de l'émission nette d'énergie du Soleil de un watt par mètre carré au sommet de l'atmosphère terrestre. Des simulations effectuées au Laboratoire de météorologie dynamique, à Paris, montrent qu'une telle accalmie, si elle dure plusieurs décennies, peut refroidir la température moyenne de la Terre de un ou deux degrés. Ainsi s'expliquerait le refroidissement observé durant le minimum de Maunder.

Toutefois, les gaz à effet de serre libérés par l'activité humaine depuis le début de la Révolution industrielle, à la fin du XVIII^e siècle, peuvent réchauffer la Terre, en piégeant la chaleur qui autrement serait rayonnée vers l'espace. Ce réchauffement équivaut à l'apport de deux watts par mètre carré au sommet de l'atmosphère. Le Soleil n'a apparemment fourni qu'entre 0,5 et 1 watt par mètre carré à la Terre ces

derniers siècles. Si le chauffage direct est le seul moyen par lequel le Soleil fait varier le climat terrestre, le rôle des gaz à effet de serre devrait être dominant et avoir supplanté toute influence de l'activité solaire.

Le lien entre climat et taches solaires semble néanmoins persistant. Au cours des 100 dernières années, les températures sur la Terre ont varié parallèlement aux cycles solaires. En outre, les cernes de croissance des arbres révèlent que, au cours des 5 000 à 6 000 dernières années, six minima du magnétisme solaire sur sept coïncident avec des périodes de refroidissement terrestre. Et le cycle des taches solaires est corrélé à la circulation des vents stratosphériques, pour des raisons encore mystérieuses. Ainsi le Soleil influencerait aussi la Terre par des voies indirectes, mais puissantes.

Les variations des émissions ultraviolettes solaires, par exemple, peuvent modifier la quantité d'ozone dans la haute atmosphère, de même que sa dynamique. Des simulations récentes indiquent également que des vents dans la stratosphère inférieure peuvent répercuter des variations de l'éclat du Soleil jusqu'à la troposphère, où elles interagissent plus directement avec le système climatique. Ces sujets sont maintenant vigoureusement débattus. La découverte des moyens par lesquels le Soleil réchauffe la Terre fournit des informations cruciales concernant le rôle joué par l'humanité – et le rôle joué par le Soleil – dans le mécanisme de modification du climat.

Elisabeth NESME-RIBES est astronome à l'Observatoire de Paris. Sallie BALIUNAS est chercheur au Centre d'astrophysique de Cambridge (Massachusetts). Dmitry SOKOLOFF est professeur de mathématiques au Département de physique de l'Université de Moscou.

Jean-Claude PECKER, *Sous l'étoile Soleil*, Fayard, 1984.

Peter FOUKAL, *Le Soleil : une étoile variable*, in *Pour la Science* n° 150, avril 1990.

Robert SADOURNY, *Le climat de la Terre*, Dominos Flammarion, 1994.

Kenneth J.H. PHILLIPS, *Guide to the Sun*, Cambridge University Press, 1992.

Helen WRIGHT, *Explorer of the Universe : A Biography of George Ellery*, American Institute of Physics Press, 1994.
