

VARIATIONS CLIMATIQUES : RÔLE DU SOLEIL ET DES AUTRES FORÇAGES EXTERNES

Colloque organisé par le
Pr Édouard Bard (chaire de
l'Évolution du climat et de l'océan)
30 mai 2008

Le flux d'énergie reçue du Soleil, la « constante solaire » (l'éclairement ou l'irradiance), varie en fait à de nombreuses échelles de temps. Depuis la formation du Soleil, il y a environ 4,6 milliards d'années, son activité a augmenté d'environ 30%. Dans sa jeunesse, la surface de la Terre recevait donc moins d'énergie, ce qui a probablement contribué à expliquer certaines périodes de glaciation extrême. Plus proches de nous, au cours des derniers siècles, différentes observations ont permis de mettre en évidence la variabilité de l'activité du soleil. C'est ce qu'a d'abord exposé Édouard Bard, professeur au Collège de France. Les aurores boréales, ainsi que les taches solaires observées depuis l'invention de la lunette astronomique, ont permis ainsi de démontrer l'existence d'une cyclicité très prononcée de 11 ans, ainsi que des variations cycliques ou irrégulières sur plusieurs dizaines et centaines d'années. Ces variations de l'activité solaire ont pu être rapprochées des hauts et bas climatiques en Europe, reconstitués par les historiens, et confirmés par les paléoclimatologues. Ainsi, le « Petit Age Glaciaire » du 14^e au 18^e siècle correspond globalement à une période de faible activité du Soleil (Minima de Maunder, Spörer et Wolf), tandis que le réchauffement global du climat qui a suivi est contemporain d'une augmentation de cette activité.

Pourtant, il a fallu attendre les mesures suffisamment précises des satellites, depuis seulement une trentaine d'années, pour pouvoir quantifier ce flux d'énergie solaire et en démontrer les variations.

L'éclairement total varie ainsi d'environ 0,1% au cours d'un cycle de 11 ans. Ces trente années d'observations ne permettent pas de prouver l'existence d'une tendance pluridécennale de l'éclairement, tendance qui au plus serait très limitée. C'est pour cette raison que le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Évolution du Climat (GIEC) n'attribue à l'augmentation du flux d'énergie solaire qu'une contribution très limitée au réchauffement global du dernier siècle.

D'autres mesures indirectes de l'activité du soleil permettent des reconstitutions avant l'ère des satellites. Des mesures du flux de particules cosmiques mais aussi de la perturbation du champ magnétique à la surface de la Terre, tous deux contrôlés par le champ magnétique solaire, permettent de remonter sur plus d'un siècle. Au-delà, les isotopes cosmogéniques – formés par l'interaction du rayonnement cosmique sur l'atmosphère, notamment le carbone-14 et le béryllium-10, sont des outils très précieux car ils permettent de remonter sur plusieurs milliers d'années dans le passé. Comme l'origine commune aux enregistrements de ces deux isotopes est l'activité du Soleil, leur très bonne correspondance est une preuve de leur fiabilité comme traceurs de l'activité du Soleil. Malheureusement, tous ces enregistrements sont trop indirects pour permettre de quantifier par eux-mêmes les variations du flux d'énergie solaire. Pour cette raison, les nombreuses études qui ont tenté d'expliquer les variations climatiques des derniers siècles aux derniers millénaires à l'aide de l'activité du soleil ne reposent que sur des corrélations empiriques. Les mécanismes physiques qui pourraient expliquer l'impact climatique de l'activité solaire restent à découvrir. L'enjeu de



Pr Édouard Bard

cet impact sur la prévision des changements climatiques futurs est tel qu'il est très important de progresser par des approches pluridisciplinaires associant les astrophysiciens aux climatologues. Tel était le but de ce colloque, qui se proposait ainsi de faire le point à la fois sur le fonctionnement du Soleil et sur celui du système climatique, notamment des différentes composantes sensibles à l'activité du soleil.

Sylvaine Turck-Chièze, du Laboratoire Plasmas Stellaires et Astrophysique Nucléaire du CEA, à Saclay, a ainsi exposé l'apport de la modélisation à la connaissance du fonctionnement de notre étoile. Des modèles de complexités différentes permettent ainsi de tester différentes hypothèses de fonctionnement, mais aussi d'en prévoir l'évolution. Elle a aussi dressé un bilan des connaissances actuelles et rappelé que les observations du satellite SoHO, lancé en 1995, ont conduit à une vision nouvelle du Soleil. Une partie de la dynamique interne du Soleil a été élucidée, cependant des questions persistent encore sur le cœur solaire et sur l'interaction entre le champ magnétique de la région radiative et celui de la région convective.

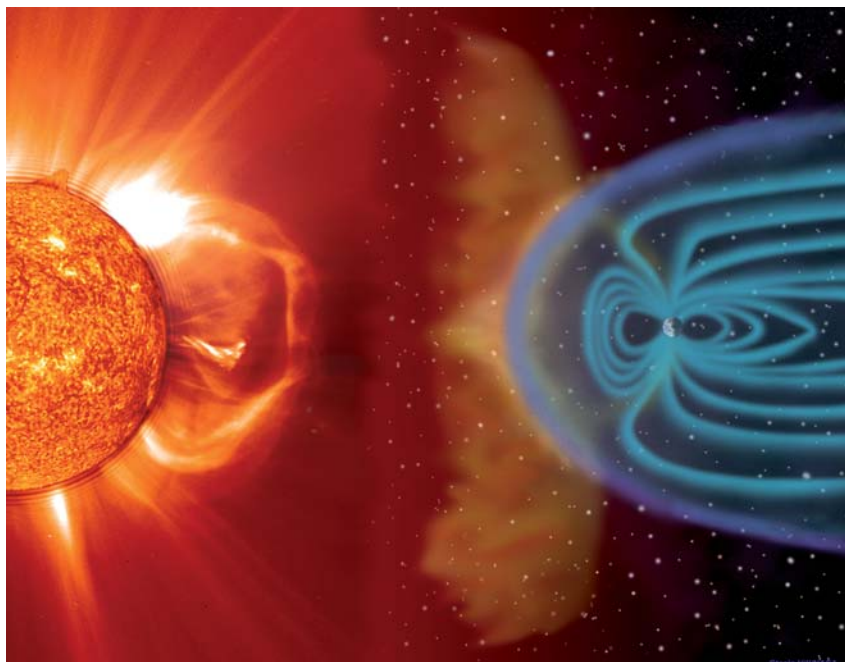


Photo-montage résumant les relations Terre-Soleil (NASA)

Gérard Thuillier, du Service d'Aéronomie du CNRS, à Verrière-Buisson, a ensuite exposé les principaux forçages climatiques et les mécanismes possibles de l'impact climatique du soleil. Il n'existe pas d'accord général pour les reconstitutions de l'éclairement solaire total pour le passé, mais de nouveaux projets sont en cours afin de fournir de nouvelles données. Ainsi, Gérard Thuillier nous a présenté l'expérience PICARD dont l'objectif est de mesurer l'irradiance solaire totale ainsi que le diamètre du soleil, ces deux paramètres étant peut-être liés. Cette expérience embarquée devrait être mise en orbite l'année prochaine dans les conditions idéales de développement du prochain cycle solaire, le cycle 24.

Thierry Dudok de Wit, du Laboratoire de Physique et Chimie de l'Environnement et de l'Université d'Orléans, a montré quels sont les impacts de l'activité du soleil sur l'environnement de la planète Terre, en termes de bombardement de particules et d'émissions d'ondes électromagnétiques notamment. Il a également insisté sur la composante ultraviolette (UV) de ces émissions,

qui présente une variabilité bien supérieure à celle de l'irradiance totale, et dont l'impact sur la stratosphère (via la formation de l'ozone) pourrait représenter un mécanisme important.

Olivier Boucher, de l'Office Météorologique Britannique (Meteorological Office, Hadley Centre), a expliqué comment les modèles actuels du climat prennent en compte les interactions internes au système climatique basées sur les cycles biogéochimiques, notamment le cycle du carbone. Ces modèles sont utilisés pour réaliser des projections des changements climatiques sur le prochain siècle, notamment dans le cadre du GIEC. Ces modèles prévoient ainsi que ces interactions amplifient un réchauffement dû aux gaz à effet de serre, plutôt que de le limiter.

Claudia Stubenrauch, du Laboratoire de Météorologie Dynamique du CNRS et de l'École Polytechnique, a exposé les principales propriétés radiatives des nuages et les différents moyens de mesure de ces propriétés à l'échelle globale. Les nuages jouent des rôles importants mais complexes dans le système climatique. En outre,

il a été proposé que leur formation pourrait être influencée par l'activité du soleil, il est donc capital d'avoir des mesures aussi complètes que possible de cette composante. Claudia Stubenrauch a ainsi montré que les différents types de mesures par satellites sont complémentaires et doivent être associées afin d'avoir une information complète sur les différents nuages et leurs propriétés.

Enfin, Sandrine Bony-Léna, du même Laboratoire de Météorologie Dynamique, a montré comment les modèles climatiques permettent de mieux comprendre la réponse du climat à une perturbation externe (sensibilité du climat à un forçage). En particulier, les modèles permettent de décomposer cette réponse entre les différentes interactions propres au système climatique. Un des résultats importants est de limiter la contribution des nuages à environ un quart de la réponse globale du climat. Ainsi, même si l'activité solaire jouait un rôle via ces nuages, cette composante du climat ne pourrait amplifier les variations de l'activité solaire de manière plus importante.

Cette journée consacrée aux variations climatiques et au rôle du Soleil et autres forçages externes fut l'occasion de réunir des scientifiques appartenant à différentes communautés, mais dont les objectifs de recherche se rejoignent. Ce colloque a permis de faire le point sur l'état des connaissances actuelles et des nombreuses questions qui subsistent encore. ■

Gilles Delaygue et Mélanie Baroni

