



# L'INFLUENCE DU SOLEIL SUR LE CLIMAT AU COURS DE L'ANTHROPOCÈNE<sup>1</sup>



### Yves Maria-Sube,

ECN 1965, Master IEMN-IAE 1966, Doctorat Géosciences Montpellier 2008, est consultant en services informatiques et pétroliers.

Il a travaillé comme cadre successivement à DGA Techniques Aéronautiques, dans les services pétrophysiques internationaux de Schlumberger, chez Network Management Inc. (USA), et chez Cap Gemini France.

## LE CLIMAT, LE GIEC

La climatologie est l'étude du climat et de l'état moyen de l'atmosphère, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps (au moins trente ans). Il s'agit d'une branche combinée de la géographie physique et de la météorologie, l'étude du temps à court terme étant le domaine de la météorologie. Un climatologue fait l'étude des variations locales et temporelles des climats grâce aux statistiques des données provenant de plusieurs domaines qui affectent le climat (telles température, ou précipitations).

Le Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat (GIEC) est un organisme intergouvernemental ouvert à tous les pays membres de l'ONU. Ce groupe, créé en 1988, dépend de l'Organisation météorologique mondiale et du Programme des Nations Unies pour l'environnement. « [I] a pour mission d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les informations d'ordre scientifique, technique et socio-économique qui nous sont nécessaires pour mieux comprendre les risques liés au réchauffement climatique d'origine humaine, cerner plus précisément les conséquences possibles de ce changement et envisager d'éventuelles stratégies d'adaptation et d'atténuation. Il n'a pas pour mandat d'entreprendre des travaux de recherche ni de suivre l'évolution des variables climatologiques ou d'autres paramètres pertinents ». On voit que le GIEC, quoique « sans parti pris », est mandaté par l'ONU pour évaluer « le réchauffement climatique d'origine humaine » : les dés sont donc déjà jetés, et ceci est contraire à une étude scientifique « objective ».

Le GIEC fait usage de modèles climatiques pour essayer de prévoir le climat jusqu'à 2100. Un modèle climatique est une modélisation mathématique du climat dans une zone géographique donnée, permettant de prévoir l'avenir climatique ou au contraire de reconstituer le climat ancien. Il existe différents types de modèles ; parmi les modèles détaillés

dans le 5e rapport du GIEC (2014), on trouve : 1) les modèles couplés océan-atmosphère. Ils sont constitués de plusieurs modèles [un modèle d'océan, un modèle d'atmosphère, un modèle de glace de mer, un modèle représentant les continents (végétation, ruissellement, etc.)] qui échangent leurs informations ; 2) les modèles du système Terre. Ils sont le développement des modèles couplés océan-atmosphère, auxquels est ajouté la simulation des cycles biogéochimiques.

## LE FORÇAGE

Lié par sa position a priori sur l'origine du « réchauffement climatique », le GIEC a privilégié dans ses modèles climatiques le forçage par l'effet de serre dû aux GES d'origine humaine, notamment le CO<sub>2</sub>, dont la concentration a augmenté de 270 ppm à environ 400 ppm au cours de l'Anthropocène. De nombreux scientifiques, et pas uniquement des climatologues, ont émis des doutes sur ce choix et ont proposé comme alternative naturelle le Soleil.

Pour tenter de démêler les effets respectifs du Soleil et de la composition de l'atmosphère sur le climat, nous devons, la plupart du temps, nous contenter de moins de deux siècles de données d'observation. Il est heureusement possible de reconstituer approximativement les variations plus anciennes à l'aide d'indicateurs indirects (appelés dans la littérature scientifique anglo-saxonne « proxies »)<sup>(1)</sup> : 1) température : avancée et recul des glaciers, dates de prise de la glace ou de débâcle de certaines rivières, vendanges de certaines récoltes, prix des denrées agricoles<sup>(2)</sup>. Pour remonter plus loin dans le temps, composition isotopique de l'oxygène dans la glace, les fossiles ou les roches (Fig. 1) ; 2) irradiance solaire : variations magnétiques, taches solaires (Fig. 2). Pour les périodes plus anciennes, teneur en isotope 10 du béryllium, et 14 du carbone (Fig. 1) ; 3) teneur en CO<sub>2</sub> de l'atmosphère : mesurable dans les bulles d'air prisonnières de la glace carottée (au Groenland ou en Antarctique [Fig. 1]).

<sup>1</sup> L'Anthropocène est une époque de l'histoire de la Terre qui a été proposée pour caractériser l'ensemble des événements géologiques qui se sont produits depuis que les activités humaines ont une incidence globale significative sur l'écosystème terrestre. Pour la climatologie, la limite inférieure sera 1820, début de la révolution industrielle, l'industrie, l'agriculture et la démographie engendrant des gaz à effet de serre (GES) : dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) et méthane (CH<sub>4</sub>).

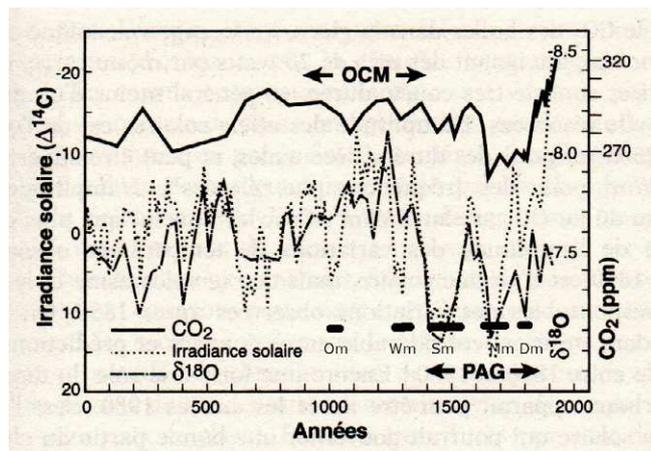


Figure 1. Variations depuis 2000 ans de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère (échelle de droite en partie par millions), de l'irradiance solaire mesurée à partir du carbone 14 (échelle de gauche) et de la température (estimée à partir des isotopes de l'oxygène, échelle de droite interne au cadre). L'optimum climatique du Moyen Âge (OCM) et le petit âge glaciaire (PAG) sont indiqués, ainsi que les 5 minima solaires (Om – Oort, Wm – Wolf, Sm – Spoerer, Mm – Maunder, Dm – Dalton), (d'après Jan Veizer dans (1)).

La Fig. 1 reconstitue les variations de ces trois quantités au cours des deux millénaires. La corrélation est assez bonne entre variations solaires et température, elle rend bien compte de la succession de l'optimum climatique médiéval (OCM, 950-1350) et du petit âge glaciaire (PAG, 1400-1900), repérés, entre autres, dans la Réf.<sup>(2)</sup>. Pendant ce temps, le CO<sub>2</sub> a un « électroencéphalogramme plat ». Jan Veizer a analysé ce type de corrélation sur des centaines de millions d'années, et pense qu'à toutes les périodes le Soleil apparaît bien comme le moteur principal des changements climatiques<sup>(3)</sup>. Sur la Fig. 1 sont aussi identifiés les cinq minima solaires (Om – Oort 1010-1050, Wm – Wolf 1280-1350, Sm – Spoerer 1450-1550, Mm – Maunder 1645-1715, Dm – Dalton 1800-1825). Regardons maintenant ce qui se passe au sortir de Dm, en 1820. La teneur en CO<sub>2</sub> augmente dramatiquement, mais l'irradiance solaire augmente tout aussi dramatiquement, au-delà de ce qui avait été atteint durant l'OCM, tandis que la température reste relativement stable et à un niveau supérieur au minima atteint durant les Sm et Mm, ou même le Dm du PAG, mais largement inférieur à celui atteint durant l'OCM. De nombreux autres chercheurs, dont Möberg et al.<sup>(4)</sup>, qui utilisent le rapport isotopique dO18/O16 pour évaluer la température, et Sun & Liu<sup>(5)</sup>, qui utilisent la dendrologie pour évaluer l'ampleur des précipitations sur le plateau nord du Tibet, ont trouvé des résultats analogues à ceux de Veizer. La courbe de température mondiale de Michael Mann et al., 1998 « en crosse de hockey », évaluée à l'aide de la dendrologie, qui ne détectait ni l'OCM, ni le PAG (à l'aide d'une tricherie mathématique), apparue dans AR3, 2001, et popularisée par Al Gore, noyée dans AR4, 2007, est abandonnée même par le GIEC (AR5, 2014), qui s'en est pourtant servi pendant 13 ans comme d'une sorte de preuve que les augmentations anthropiques de GES étaient les seules responsables de l'accroissement de température observé à partir de 1820.

## LES CYCLES COURTS DU SOLEIL

La première observation avérée de taches solaires remonte à l'an -28, en provenance de Chine. D'autres observations

sporadiques ont été ensuite faites dans l'Est asiatique puis en Europe, notamment en 1611, par Christoph Scheiner à l'aide de verres teintés et Galilée grâce à sa lunette astronomique et un système de rétroprojection sur écran. Par la suite, l'observatoire de Zurich en poursuivit l'observation. Les statistiques sur les taches solaires existent en Europe à partir du début du 17<sup>e</sup> siècle. Les données sont considérées comme statistiquement fiables à partir de 1850. La mention de la disparition quasi complète des taches solaires sur la période 1645-1715 est généralement attribuée à Edward Maunder (1890), et porte de ce fait le nom de minimum de Maunder. Les statistiques des taches solaires révèlent aussi un autre minimum dans leur nombre, allant de 1800 à 1825 et appelé minimum de Dalton, Fig. 1 et 2). Ces minima d'activité solaire correspondent également à des minima de température (Fig. 1). La formule suivante permet de quantifier l'activité solaire, notée Ret appelée nombre de Dalton, en fonction du nombre de taches t, du nombre de groupes de taches g, et d'un coefficient k corrigeant le résultat en fonction des moyens d'observation (observateur, instrument, etc.) :  $R = k(t + 10g)$ . Le pharmacien Samuel Schwabe a découvert en 1843 que les taches solaires du soleil augmentaient et diminuaient selon un cycle de 11 ans (Fig. 2). Au début du cycle solaire, les taches apparaissent de préférence à haute latitude dans les deux hémisphères (vers 40°) ; de plus, les premières taches d'un groupe sont en général de même polarité. Tout au long du cycle, les taches vont se rapprocher de l'équateur jusqu'au début du cycle suivant ; à ce moment-là, la polarité des taches va changer. En étudiant les mouvements de ces taches solaires, les astronomes ont pu conclure que les régions équatoriales du Soleil tournaient plus vite que ses zones polaires, avant de l'être par d'autres moyens plus modernes, comme l'effet Doppler-Fizeau. Les taches solaires sont plus sombres et plus froides que la surface du soleil et diminuent donc l'intensité de la radiation solaire. Mais elles s'accompagnent de points lumineux qui augmentent l'intensité de la radiation solaire. C'est l'effet des points lumineux qui l'emporte, de sorte que la radiation solaire est plus élevée lors des périodes de forte activité solaire (radiation supérieure à la normale d'un facteur de 0,1 % environ). Cette faible contribution radiative solaire (de l'ordre de 0,25 W/m<sup>2</sup>) par rapport au forçage dû au CO<sub>2</sub> (2 W/m<sup>2</sup>) donne un fort argument au GIEC pour négliger l'influence solaire par rapport à celle du CO<sub>2</sub> et ainsi ignorer la concordance activité solaire- climat de la période historique (Fig. 1). Mais Henrik Svensmark a montré qu'une forte activité solaire entraînerait une diminution du flux des rayons cosmiques d'origine galactique, réduisant l'ionisation de l'atmosphère et entraînant une moindre formation des noyaux de condensation<sup>(6)</sup>. La couverture nuageuse se réduirait, diminuant l'albédo de la planète provoquant ainsi son réchauffement. A un flux plus ou moins élevé de rayons cosmiques correspondrait une modulation du flux d'énergie apporté à l'atmosphère en résultant de l'ordre de 1 W/m<sup>2</sup>, donc pas du tout négligeable par rapport au flux de 1,4 W/m<sup>2</sup> attribué par le GIEC au CO<sub>2</sub> relâché dans l'atmosphère depuis le début de l'Anthropocène. L'expérimentation CLOUD (chambre à brouillard alimentée par le Proton synchrotron, une source artificielle de rayons cosmiques simulant les conditions naturelles) au CERN (Centre Européen de la Recherche Nucléaire) a confirmé en 2011, 2014 et 2016 que les rayons cosmiques produisent une chaîne de réactions qui fait grandir de minuscules agglomérats d'acide sulfurique et de molécules d'eau présents naturellement dans l'atmosphère (les aérosols) jusqu'à leur permettre d'atteindre la taille nécessaire à la formation de nuages : ce processus

peut aller jusqu'à augmenter la couverture nuageuse de 50 %. L'argumentation du GIEC ne tient donc plus, et le résultat de la Fig. 1 est confirmé.

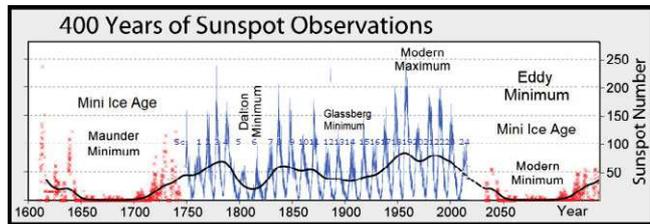


Figure 2. 400 ans d'observation des taches solaires. Courbe bleue : nombre de Dalton entre 1745 et aujourd'hui ; cette courbe fait apparaître un cycle moyen de 11 ans ; les cycles solaires, Sc, dits de Swabe, ont été numérotés de 1 (à partir du maximum de 1761) à 24 (qui s'est terminé en 2019), le cycle 25 commençant en 2020. Courbe rouge : nombre de Dalton au cours du minimum de Maunder (1645-1715, mais s'étendant de part et d'autre), et minimum de Eddy, supposé commencer avec le cycle 25 (voir Fig. 3), et atteindre son minimum entre 2050 et 2070. Courbe noire : moyenne lissée des courbes bleues et rouges.

En 2019, des scientifiques du Helmholtz Center de Dresde Rossendorf ont découvert que tous les 11,07 ans, les planètes Vénus, Terre et Jupiter sont assez précisément alignées et leur force gravitationnelle s'ajoutent. Les chercheurs supposent aujourd'hui que les couches de plasma sont soumises à une instabilité dite de Taylor. L'instabilité de Rayleigh-Taylor est l'instabilité de l'interface séparant deux fluides de densités différentes. Elle est sensible même avec des forces de très faible intensité. Il suffit d'un petit éclat d'énergie pour que la polarité du champ magnétique solaire oscille d'avant en arrière tous les 11 ans. L'impulsion nécessaire pourrait être fournie par l'effet de marée des planètes et déterminer ainsi le rythme auquel le champ magnétique du soleil inverse sa polarité.

### SATELLITES D'OBSERVATION

Des mesures récentes faites à partir de radiomètres embarqués sur des satellites ont montré que la constante solaire fluctue parallèlement au nombre de taches solaires. Selon le Dr. David Hathaway, chercheur au "Marshall Space Flight Center" de la NASA, l'activité du soleil a été généralement haute depuis le début de l'ère spatiale dans les années 1950 : les cinq cycles solaires (Sc) les plus intenses se sont produits dans le Maximum moderne (1913, début Sc 15- 2008, fin Sc 23), Fig. 2. Nous sommes depuis 2008 entrés avec Sc 24 dans une période de faible activité du soleil. Sc 24 a atteint son maximum fin 2013 avec 75 taches et s'avère le plus faible depuis Sc 14 (qui avait atteint son maximum en 1906 avec 64,2 taches, au cours du minimum peu prononcé de Glassberg, 1880-1914, Fig. 2). Irina Kitiashvili, 2019, de NASA Ames Research Center Baeri, a utilisé une méthode de prédiction consistant à : 1) enregistrer l'évolution des champs magnétiques globaux pour les quatre cycles solaires précédant Sc 25 (Sc 21-24) par les satellites Solis/KPO, Soho/MDI, SDO/HMI ; 2) « prédire » l'état futur du soleil en

reliant par un modèle les observations de la surface avec l'état de la dynamo interne. Cette méthode a bien fonctionné pour la prédiction sur Sc 24. Les résultats (Fig. 3) montrent que Sc 25 commencera en 2020 (c'est fait depuis mars) et atteindra un maximum en 2025. Sc 25 est prévu pour être encore plus faible que Sc 24, et ce serait le plus faible depuis 200 ans (durant Dm). Pour le moment, l'activité du soleil est très faible. En 2019, 281 jours sans taches solaires ; en 2020 également, il y a très peu de taches solaires. Cela rend les prédictions de Kitiashvili de plus en plus probables. Les projections des prochains cycles vont vers des cycles solaires de plus en plus faibles sur la période 2050-2070<sup>(7)</sup> de telle sorte que l'on peut parler de " minimum d'Eddy " (Fig. 2) d'après John Allen Eddy (astronome américain, 1931– 2009).

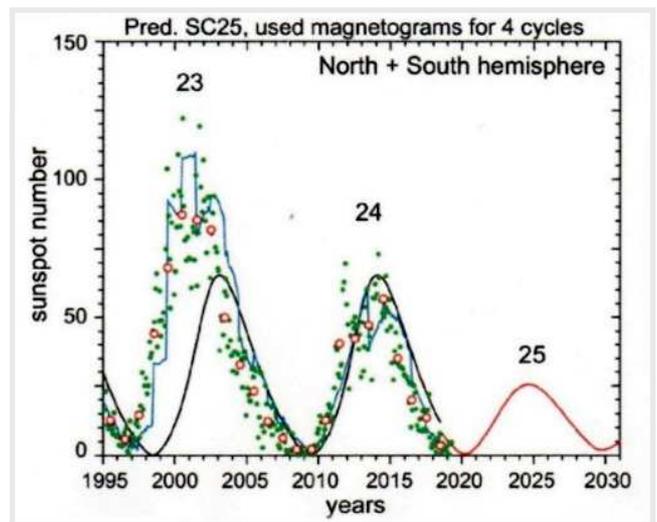


Figure 3. Prédiction pour le cycle solaire 25 en utilisant les données magnétiques des quatre cycles solaires précédents (Sc 21-24) et un modèle de dynamo interne solaire.

### PRÉVISIONS SUR LE CLIMAT

Martin Mlynckzak, du centre de recherches Langley de la NASA, est chercheur-principal-associé pour l'instrument SABER, à bord du satellite TIMED. SABER mesure les émissions infrarouges du CO<sub>2</sub> et de l'oxyde d'azote NO, deux substances qui ont un rôle essentiel dans l'équilibre thermique de l'air entre 100 et 300 kilomètres au-dessus de la surface de notre planète. L'observation du rayonnement infrarouge de ces molécules permet de trouver la température du gaz tout en haut de l'atmosphère, dans la thermosphère<sup>2</sup>. La thermosphère se refroidit toujours pendant un minimum solaire. Sur notre planète, c'est là que le cycle solaire est le plus visible. Mlynckzak et ses collègues ont récemment introduit un indice du climat de la thermosphère (TCI, Thermosphere Climate Index) : c'est un nombre exprimé en watts qui dit la chaleur que les molécules NO relâchent dans l'espace. Pendant le maximum solaire le TCI est grand (et « chaud ») mais il est petit (ou « froid ») pendant un minimum solaire. Il est actuellement extrêmement faible,

<sup>2</sup> La thermosphère est la quatrième couche de l'atmosphère terrestre à partir de la surface et la deuxième couche la plus externe. Elle s'étend entre 100 km et 300 km au-dessus de la surface de la terre. La température y varie entre 900° C au « maximum solaire » et 300° C au « minimum solaire ».



« SABER mesure actuellement 33 milliards de watts de puissance infrarouge venant des molécules NO. C'est dix fois moins que ce que nous voyons pendant des phases plus actives du cycle solaire ». Depuis l'an 2000, le rayonnement solaire diminue lentement et se rapproche d'un « minimum solaire » (Ferruccio Ferroni, 2020). Rien ne peut encore être constaté parce que la température de la Terre ne réagit à la baisse de la TSI (Total Solar Irradiance) qu'après environ 16 à 20 ans : il faut tenir compte de la chaleur stockée dans l'eau des océans, et des variations des différentes oscillations comme El Niño. Les quatre à six prochaines années montreront si les prévisions d'un très faible Sc 25 faites par Kitiashvili sont correctes et s'il est possible d'en tirer des calculs pour Sc 26. Ce n'est qu'alors qu'il sera possible de dire avec certitude si la température mondiale va diminuer ou non. Les indicateurs avancés d'un refroidissement imminent – augmentation de la sécheresse<sup>(5)</sup>, augmentation de la quantité de neige, augmentation des rayons cosmiques<sup>(6)</sup>, diminution des rendements agricoles, et baisse de la TCI – vont tous dans le sens d'un renversement de tendance.

### CONCLUSION

Aucune des « prédictions » dramatiques de réchauffement climatique du GIEC, ne s'est réalisée pour le moment (les modèles surchauffent et divergent de plus en plus des mesures, comme le montre, entre autres, un diagramme issu du rapport AR5, 2014 du GIEC, page 981), malgré les onctions continues de l'ONU/ GIEC, de nombreuses personnalités politiques (à commencer par Al Gore, ancien Vice-Président américain), de la plupart des médias, et temporaires du prix Nobel de la paix de 2007, et même du Pape (Encyclique Laudato Si, 2015). Contrairement aux précautions prises par la méthode

Kitiashvili, les modèles climatiques utilisés par le GIEC se sont basés a priori sur le cycle de température ascendant de 1970-2000 pour lier la température à venir avec la concentration croissante de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère et prévoir les températures jusqu'à 2100, alors qu'il n'y a clairement aucune répétition de ce cycle, puisque la température mondiale a baissé de 1940 à 1970 et est stationnaire depuis 2000<sup>(8)</sup> (hormis un événement climatique naturel, El Niño, en 2014-2016) suivant un cycle des températures de 60 ans d'origine astronomique<sup>(9)</sup>. De plus, les modèles climatiques du GIEC ne reproduisent pas la variabilité naturelle observée du climat ; pourquoi seraient-ils capables de prédire l'avenir jusqu'à 2100 ? Les modèles climatiques se sont perfectionnés, mais encore faut-il ne pas se tromper de forçage entre effet de serre et activité solaire.

**Les scientifiques vont vivre en 2020-26 des années passionnantes : allons-nous assister en temps réel au début d'une diminution lente et durable de la température mondiale, qui amènerait probablement une révolution dans la climatologie, comme cela l'a été dans la géologie avec la Tectonique des plaques (Harry Hess, 1962), aboutissement de la Dérive des continents (Alfred Wegener, 1915) au bout de multiples controverses scientifiques ?**

*Par Yves Maria-Sube (1965)*

### RÉFÉRENCES :

- > (1) : Vincent Courtillot, Nouveau voyage au centre de la Terre, Odile Jacob 2009
- > (2) : Emmanuel Leroy-Ladurie, Les fluctuations du climat de l'an mil à aujourd'hui, Paris, Fayard, 2011
- > (3) : Veizer, J., Godderis, Y. & François, L.M., Evidence for decoupling of atmospheric CO<sub>2</sub> and global climate during the Phanerozoic eon. Nature 408, 698-701 (2000)
- > (4) : Anders Möberg, Dmitry M. Sonechkin, Karin Holmgren, Nina M. Datsenko & Wibjörn Karlen, Highly variable Northern Hemisphere temperatures reconstructed from low- and high-resolution proxy data, January 2005, Nature 433:613-617
- > (5) : Sun, J., Liu, Y., Tree ring-based precipitation reconstruction in the south slope of the middle Qilian Mountains, northeastern Tibetan Plateau, over the millennium, 2012, Journal of Geophysical Research: Atmospheres/Volume 117, Issue D
- > (6) : Svensmark, Henrik (2007). "Cosmoclimatology: a new theory emerges" Astronomy & Geophysics
- > (7) : M. Lockwood, M. J. Owens, L. Barnard, C. J. Davis, F. Steinhilber. The persistence of solar activity indicators and the descent of the Sun into Maunder Minimum conditions, AGU, Geophysical research letters, Volume 38 Issue 22, nov. 2011
- > (8) : Akasofu Syun-Ichi, On the Present Halting of Global Warming, Climate 2013, 1, 4-11; doi:10.3390/cli1010004
- > (9) : Scafetta, Nicola "Climate Change and its Causes, a Discussion about some Key Issues (PDF). Science and Public Policy Institute. Retrieved 2012-08-22, March 18, 2010)