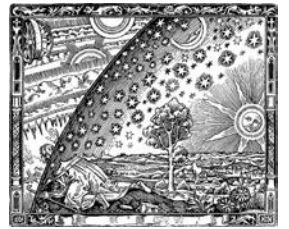


ASTRONOMIE - ET L'UNIVERS DANS TOUT ÇA !?

Les cycles de Milanković et leurs effets sur le climat : 2^e partie



Texte : **J.-L. Ricci**

Après avoir étudié les trois cycles de Milankovic dans l'article précédent qui, pour mémoire sont :

- la rotation conique de l'axe de la Terre - dite précession des équinoxes - sur un cône de 46° d'ouverture et une période de 21'000 ans,
- la variation de l'angle de rotation de la Terre qui oscille de 22° à 24°30' en 40'000 ans,
- et la variation de l'excentricité de l'orbite terrestre qui oscille de 0.5 % à 5 % sur une double périodicité de 100'000 et 400'000 ans.

Nous allons étudier comment ces trois cycles se combinent dans le temps et quelles en sont les conséquences sur l'ensoleillement de la Terre et son climat.

Le graphique de synthèse (fig. 1.) montre chacun des trois cycles avec, en bas, leur combinaison au cours des 800'000 dernières années, le temps présent étant le zéro à gauche.

Il en résulte une variation de l'irradiation solaire moyenne en W / m^2 , dont la figure 2. en donne l'évolution sur les 250'000 dernières années. Dans quelle mesure cette variation de l'ensoleillement moyen influence-t-elle la température ? C'est ce que nous montre la fig. 3. Le lien entre les deux est bien apparent mais pas si direct. D'autres éléments liés entrent en jeu dont principalement la concentration de CO_2 dans l'atmosphère et l'étendue des glaciers. Plus la température moyenne baisse,

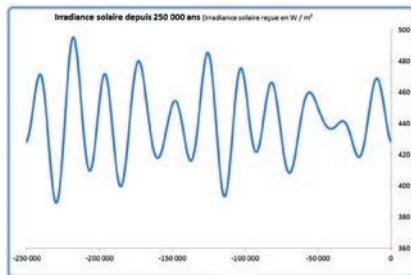


Figure 2.

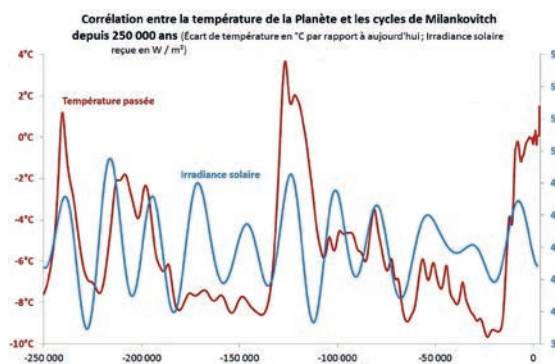


Figure 3.

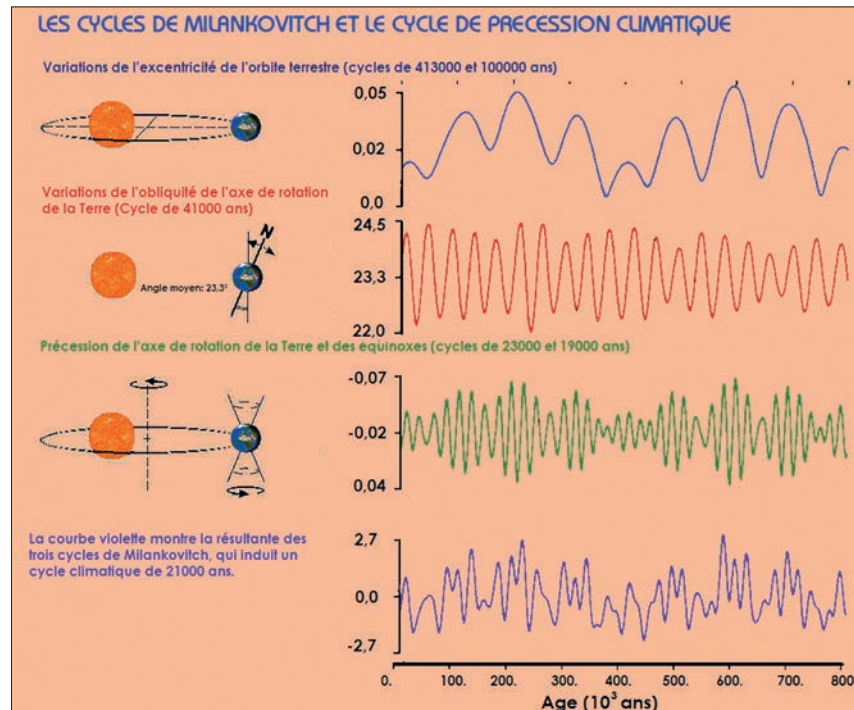


Figure 1.

plus l'étendue des calottes glaciaires polaires et des grands glaciers augmente. Comme la glace réfléchit le rayonnement solaire au lieu de l'absorber, la température baisse. Le phénomène est réciproque en période d'augmentation de la température : plus il fait chaud, plus les glaciers diminuent et plus les océans absorbent la lumière solaire et se réchauffent. L'effet est amplificateur.

Concernant le CO_2 , ce sont les résultats du programme européen EPICA d'extraction et analyse de carottes glaciaires profondes dans l'Antarctique qui ont permis de faire le lien (fig. 4.). Comment a-t-on pu calculer tout ça ? C'est l'analyse des isotopes de l'oxygène de l'eau de mer qui a permis de calculer les températures aux différentes époques : l'oxygène des molécules d'eau de mer est constitué de 99.8 % d'isotope ^{16}O et de 0.2 % d'isotope ^{18}O . Quand l'eau de mer s'évapore, l'isotope ^{16}O plus léger s'évapore plus vite que l'isotope ^{18}O plus lourd du fait qu'il contient 2

neutrons en plus. Il en résulte que la vapeur d'eau a un rapport isotopique $^{18}O/^{16}O$ plus faible. Quand la température moyenne baisse, les glaciers piègent cette eau pauvre en ^{18}O et a contrario, les océans s'enrichissent en ^{18}O . Les carottages de glaces profondes de l'Antarctique ont permis de le vérifier.

Une confirmation a été obtenue par une tout autre méthode, des analyses des coraux et coquillages fossilisés ont montré qu'ils ont gardé la trace du ratio isotopique $^{18}O/^{16}O$ de l'eau de mer de leur époque de fossilisation. Les deux méthodes se sont avérées totalement concordantes et ont permis de confirmer l'évolution de la température moyenne au fil du temps.

La teneur en CO_2 de l'atmosphère a elle pu être mesurée directement par analyse des bulles d'air emprisonnées dans la glace des carottes prélevées dans l'Antarctique. L'explication du lien entre le taux de CO_2 et la température tient au fait que plus la tempéra-

ture moyenne augmente plus les océans et la biosphère dégagent du CO_2 et l'effet amplificateur résulte du fait que le CO_2 augmente l'effet de serre et par voie de conséquence amplifie encore la température.

Les liens entre les cycles de Milankovic et le climat global de la Terre sont donc bien établis mais les lecteurs attentifs ont remarqué sur la droite de la figure 3. que de nos jours cela n'est plus le cas : la température globale monte en flèche alors que l'irradiance solaire est en diminution. Que se passe-t-il de nouveau ?

Le nœud du problème est fourni par la fig. 5. La concentration de CO_2 dans l'atmosphère actuelle dépasse de 45 % tous les maxima jamais atteints depuis 800'000 ans. Elle s'est fortement accrue à cause de la combustion massive des énergies fossiles pendant le développement fulgurant de notre société humaine mondialisée au fil du dernier siècle et que nous accroissons encore d'environ 5 % par an. Les analyses fines des données de la figure 4. ont montré que l'augmentation de la concentration de CO_2 précède d'environ 50 ans l'augmentation de température globale du fait de la très grande inertie thermique de l'ensemble de la Terre.

Même si nous étions collectivement capables de faire preuve de raison et de stopper notre consommation effrénée d'énergies fossiles, le pire va se passer dans les décennies qui viennent, à moins que des effets réguliers inattendus ne se déclenchent sous l'effet de l'augmentation de la température... Je pense en particulier à une forte augmentation du volcanisme sous l'effet de la dilation thermique de la croûte terrestre et de ses plaques tectoniques... L'assombrissement de l'atmosphère par de grandes quantités de poussières volcaniques pourrait faire baisser la température moyenne comme cela a été le cas, entre autres, au petit âge glaciaire du XIX^e Sc.

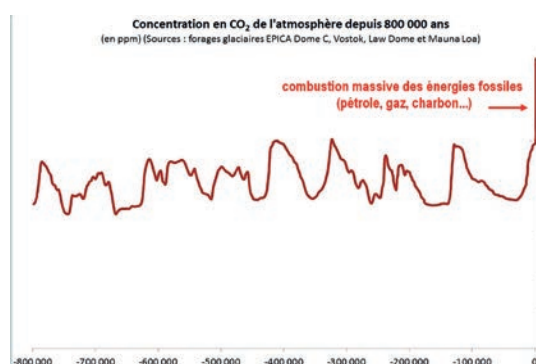


Figure 4.

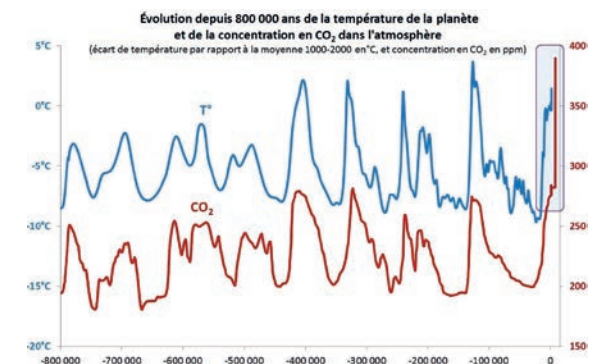


Figure 5.