

FORMATION DES PERSONNES-RESSOURCES EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

LES SAISONS

Pierre Lacombe
Astronome
Planétarium de Montréal



Source : ressources.ecole.free.fr/

DOCUMENT DE TRAVAIL

©2005 - Planétarium de Montréal. Tous droits réservés.

Les saisons

« Les blés sont mûrs et la terre est mouillée
Les grands labours dorment sous la gelée
L'oiseau si beau hier s'est envolé
La porte est close sur le jardin fané »
Félix Leclerc, « L'hymne au printemps ».



Calendrier de Pietro Crescenzi, XIII^e siècle, musée Condé, Chantilly.
Source : ecole.wanadoo.fr/college.saintebarbe/moyenage/saisons.htm

Il faut l'admettre, notre vie est rythmée non seulement par la succession des jours et des nuits, mais aussi par celle des saisons. Dans toutes les sociétés contemporaines ou civilisations anciennes, le cycle des saisons a façonné l'organisation du travail et encouragé l'innovation dans un environnement en perpétuel changement.

Malheureusement, le mécanisme des saisons, que l'on peut observer tous les jours, est mal connu, aussi bien des jeunes que des adultes. Pour mieux cerner et interpréter ce phénomène, l'étude des mouvements apparents du Soleil, diurnes et annuels, nous guidera vers la bonne interprétation.

Les mouvements apparents du Soleil

Le mouvement apparent du Soleil dans le ciel est observé depuis au moins 5 000 ans. En Europe occidentale, la tradition mégalithique a atteint son apogée juste avant 3 000 av. J.-C. et presque tous les monuments dédiés à l'observation du Soleil ont été construits par des sociétés qui pratiquaient assidûment l'agriculture. De magnifiques monuments, comme celui de Stonehenge, en Angleterre, de Newgrange, en Irlande ou les célèbres alignements de Carnac en Bretagne, ont tous été construits à cette époque.

La vocation astronomique de certains monuments mégalithiques a été démontrée au cours des dernières années, mais il convient quand même de rester très prudent avant de généraliser cette interprétation à l'ensemble des sites mégalithiques et de prétendre connaître les intentions des bâtisseurs du néolithique.



Site mégalithique de Stonehenge - Source : Planétarium de Montréal

Pour le site mégalithique de Stonehenge, cependant, aucun doute n'est possible : il était bel et bien utilisé comme véritable calendrier géant. Des pierres dressées servaient à se repérer dans l'année en fonction de la position des levers et des couchers du Soleil. L'un des plus célèbres alignements du site concerne justement le lever du Soleil le jour du solstice d'été.

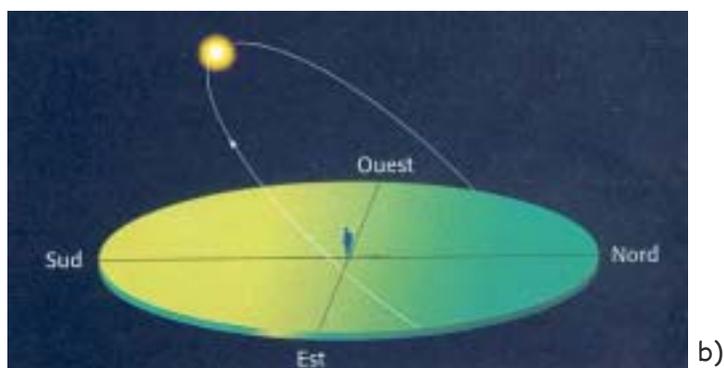
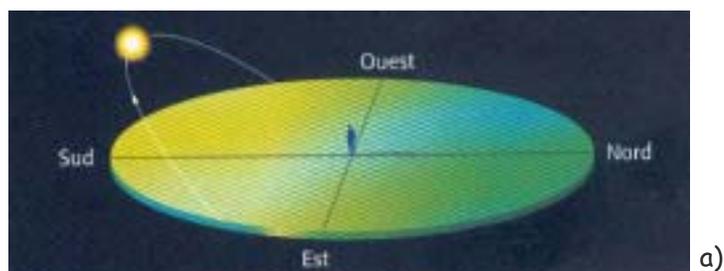
Les connaissances nécessaires pour ériger de tels monuments ont exigé des observations assidues du Soleil au cours d'une journée et de l'année. Heureusement, elles sont à la portée de tous et de toutes.

Les levers et les couchers du Soleil

Le mouvement diurne du Soleil, c'est-à-dire son mouvement apparent d'Est en Ouest au cours de la journée, se traduit par son lever, son passage au méridien (au-dessus de l'horizon Sud dans l'hémisphère Nord) et enfin par son coucher. On comprendra que ce mouvement apparent est le résultat de la rotation de la Terre sur elle-même.

L'observation des levers et des couchers du Soleil nous montre que ces événements se produisent en différents points de l'horizon selon la période de l'année. Étudions plus attentivement ce qui se passe à notre latitude dans l'hémisphère Nord (environ 45° N). Au moment où l'année débute, en janvier, le lever du Soleil a lieu dans la direction du Sud-Est. Au fil des mois de janvier, février et mars, le Soleil se lève chaque jour un peu plus près de l'Est. On observe finalement le lever du Soleil exactement à l'Est, autour du 20 mars. Au cours des mois d'avril, mai et juin, le lever du Soleil se produit de plus en plus vers le Nord-Est. Le lever de Soleil atteint finalement sa position maximale vers le Nord-Est le matin du 21 juin. Par la suite, au cours des mois de juillet et août, le lever du Soleil se produit, jour après jour, un peu plus près de l'Est. Le Soleil se lève de nouveau exactement à l'Est, le 23 septembre. Au cours des mois d'octobre, novembre et décembre, le lever du Soleil se produit maintenant de plus en plus vers le Sud-Est et atteint sa position maximale dans cette direction, le 21 décembre. Le mouvement de va-et-vient à l'horizon des levers de Soleil entre le Sud-Est et le Nord-Est recommence ainsi d'année en année.

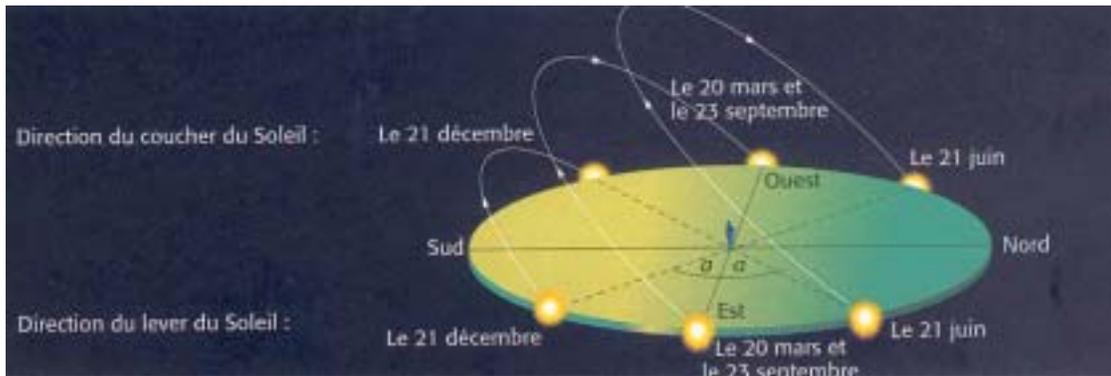
Légende:
Mouvement apparent du Soleil au cours d'une journée en hiver (a) et en été (b) dans l'hémisphère nord.



Source : Planétarium de Montréal

On remarquera que le Soleil ne se lève exactement à l'Est que deux fois au cours de l'année, autour du 20 mars et du 23 septembre. De la même manière, et parce que les levers et les

couchers du Soleil sont symétriques par rapport à l'axe Nord-Sud, le Soleil ne se couche exactement à l'Ouest que deux fois par an, aux mêmes dates.



Source : Planétarium de Montréal

La hauteur du Soleil à midi

Pour compléter l'étude des mouvements apparents du Soleil dans le ciel, examinons maintenant les variations annuelles de la hauteur du Soleil à midi, c'est-à-dire au-dessus du Sud dans l'hémisphère Nord. Cette fois-ci, les repères que l'on peut trouver à l'horizon ne servent à rien. Par contre, un simple bâton planté verticalement dans le sol, aussi appelé un gnomon, permet d'observer la longueur de l'ombre produite par le Soleil. Plus le Soleil est haut dans le ciel, plus l'ombre sera courte.

Au cours d'une journée, sous nos latitudes, la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon culmine lorsque celui-ci traverse le méridien du lieu d'observation, c'est-à-dire la direction Sud. Au cours d'une année, cette hauteur du Soleil à midi varie entre deux extrêmes : l'un est atteint le 21 décembre et l'autre, le 21 juin. Les hauteurs médianes sont observées le 20 mars et le 23 septembre.



Source : Planétarium de Montréal

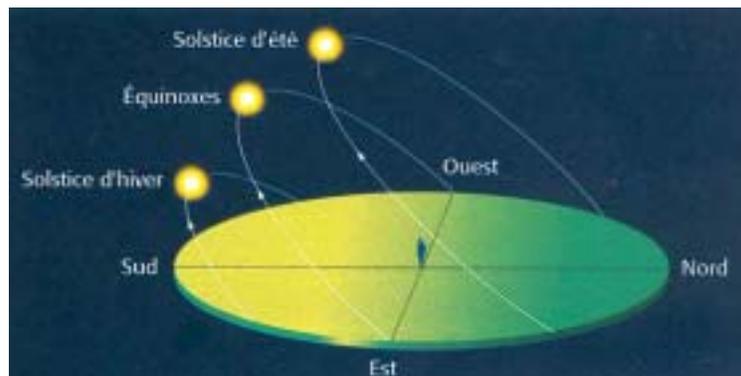
Des journées variables

La variation annuelle de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon Sud est responsable de la variation de la durée de la journée au cours de l'année. Sous nos latitudes, les journées des mois de juin et de juillet sont plus longues que celles des mois de décembre et de janvier. Ceci s'explique aisément. La trajectoire apparente du Soleil dans le ciel décrit un arc de cercle plus important au cours de la période entourant le 21 juin. À l'inverse, la trajectoire apparente du Soleil au-dessus de l'horizon est beaucoup plus courte autour du 21 décembre et la durée de la journée est alors à son minimum.

Solstices et équinoxes

C'est à cette étape de notre étude des mouvements apparents du Soleil que l'on peut introduire le vocabulaire associé aux saisons. Aux équinoxes, le Soleil se lève exactement à l'Est et se couche exactement à l'Ouest. Les durées de la journée et de la nuit sont égales : douze heures chacune (le mot équinoxe signifie justement « égal à la nuit »). Les équinoxes ont lieu en général le 20 mars et le 23 septembre.

Le printemps débute au moment de l'équinoxe du 20 mars (ou équinoxe de printemps dans l'hémisphère Nord) et se termine au solstice d'été. Le solstice d'été a lieu en général le 21 juin, le jour où le Soleil atteint sa position la plus haute au-dessus de l'horizon Sud à midi. La saison estivale se termine quant à elle à l'équinoxe d'automne le 23 septembre. L'automne suit ensuite jusqu'au solstice d'hiver qui a lieu en général le 21 décembre. Le cycle des saisons se termine avec l'hiver qui se poursuit jusqu'à l'équinoxe de printemps suivant, au mois de mars.



Source : Planétarium de Montréal

Il est intéressant de mentionner et de se rappeler que les saisons sont inversées dans l'hémisphère Sud. L'été de l'hémisphère Sud a lieu pendant l'hiver de l'hémisphère Nord et vice-versa.

Le tableau suivant résume bien les résultats des observations des mouvements apparents du Soleil au cours d'une année et ce, sous notre latitude d'environ 45° Nord.

**Variations du mouvement apparent du Soleil pour
une latitude d'environ 45° Nord**

Date/Saison	Direction du lever du Soleil	Direction du coucher du Soleil	Durée d'ensoleillement	Variation de la durée du jour	Hauteur du Soleil à midi
Équinoxe de printemps (20 mars)	Est	Ouest	12 heures	Les journées allongent	De plus en plus haut
Printemps	Entre l'Est et le Nord-Est	Entre l'Ouest et le Nord-Ouest	Supérieure à 12 heures	Les journées allongent	De plus en plus haut
Solstice d'été (21 juin)	Au maximum au Nord-Est	Au maximum au Nord-Ouest	La plus longue	Fin de l'allongement	Au plus haut
Été	Entre l'Est et le Nord-Est	Entre l'Ouest et le Nord-Ouest	Supérieure à 12 heures	Les journées raccourcissent	De moins en moins haut
Équinoxe d'automne (23 septembre)	Est	Ouest	12 heures	Les journées raccourcissent	De moins en moins haut
Automne	Entre l'Est et le Sud-Est	Entre l'Ouest et le Sud-Ouest	Inférieure à 12 heures	Les journées raccourcissent	De moins en moins haut
Solstice d'hiver (21 décembre)	Au maximum au Sud-Est	Au maximum au Sud-Ouest	La plus courte	Fin du raccourcissement	Au plus bas
Hiver	Entre l'Est et le Sud-Est	Entre l'Ouest et le Sud-Ouest	Inférieure à 12 heures	Les journées rallongent	De plus en plus haut

Le mécanisme des saisons

Pour interpréter correctement les observations précédentes des mouvements apparents du Soleil dans le ciel, il faut maintenant passer du modèle géocentrique, qui place la Terre au centre du système solaire, au modèle héliocentrique, qui place cette fois le Soleil au centre du système solaire.

Cet exercice demande un effort intellectuel important et beaucoup de personnes ont de la difficulté à comprendre la géométrie dans l'espace. Ainsi, pour intégrer les deux représentations et passer de l'une à l'autre, il faut utiliser des maquettes et effectuer de nombreuses simulations. La compréhension du mécanisme des saisons en sera alors plus aisée.

Les mouvements de la Terre dans l'espace sont complexes, mais on peut simplifier la situation en considérant uniquement les deux mouvements les plus importants. D'abord, la Terre tourne sur elle-même en un jour (la rotation) et elle tourne autour du Soleil en un an, sur une orbite presque circulaire (la révolution). Cette orbite définit un plan dans lequel se déplace la Terre; c'est le plan de l'écliptique.

L'observation montre que l'axe de rotation de la Terre (l'axe des pôles) vise toujours un point du ciel situé près de l'étoile Polaire, se trouvant elle-même à une très grande distance de la Terre, comme toutes les autres étoiles, excepté le Soleil. Il faudra donc se rappeler que, pendant sa révolution autour du Soleil, l'axe de rotation de la Terre conservera toujours une direction fixe dans l'espace.

La Terre est inclinée!



Source : Planétarium de Montréal

Pour expliquer les saisons, c'est-à-dire les variations de la direction des levers et des couchers du Soleil à l'horizon, les variations de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon Sud au cours de l'année et les durées variables de la journée, il faut savoir que l'axe de rotation de la Terre est incliné par rapport au plan de son orbite autour du Soleil.

On appelle obliquité de l'écliptique, l'angle que fait l'axe de rotation de la Terre avec la perpendiculaire au plan de l'écliptique. Sa valeur actuelle est de $23^{\circ} 26'$ ou $23,4^{\circ}$.

L'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre fait en sorte que, pendant quelques mois, l'hémisphère Nord de notre planète penche vers le Soleil. Le Soleil est haut dans le ciel et l'été s'installe alors dans l'hémisphère Nord. Au même moment, c'est l'inverse dans l'hémisphère Sud, qui penche dans la direction opposée au Soleil; l'hiver s'installe alors au Sud. Six mois plus tard, la Terre a parcouru la moitié de son orbite et elle se retrouve de l'autre côté du Soleil. Mais rappelons-nous que l'axe de rotation garde toujours une direction fixe dans l'espace. C'est donc maintenant l'hémisphère Sud qui penche en direction du Soleil, l'hémisphère Nord penchant dans la direction opposée. L'été s'installe dans le Sud et l'hiver débute au Nord.



Source : Planétarium de Montréal

La distance n'a pas d'importance

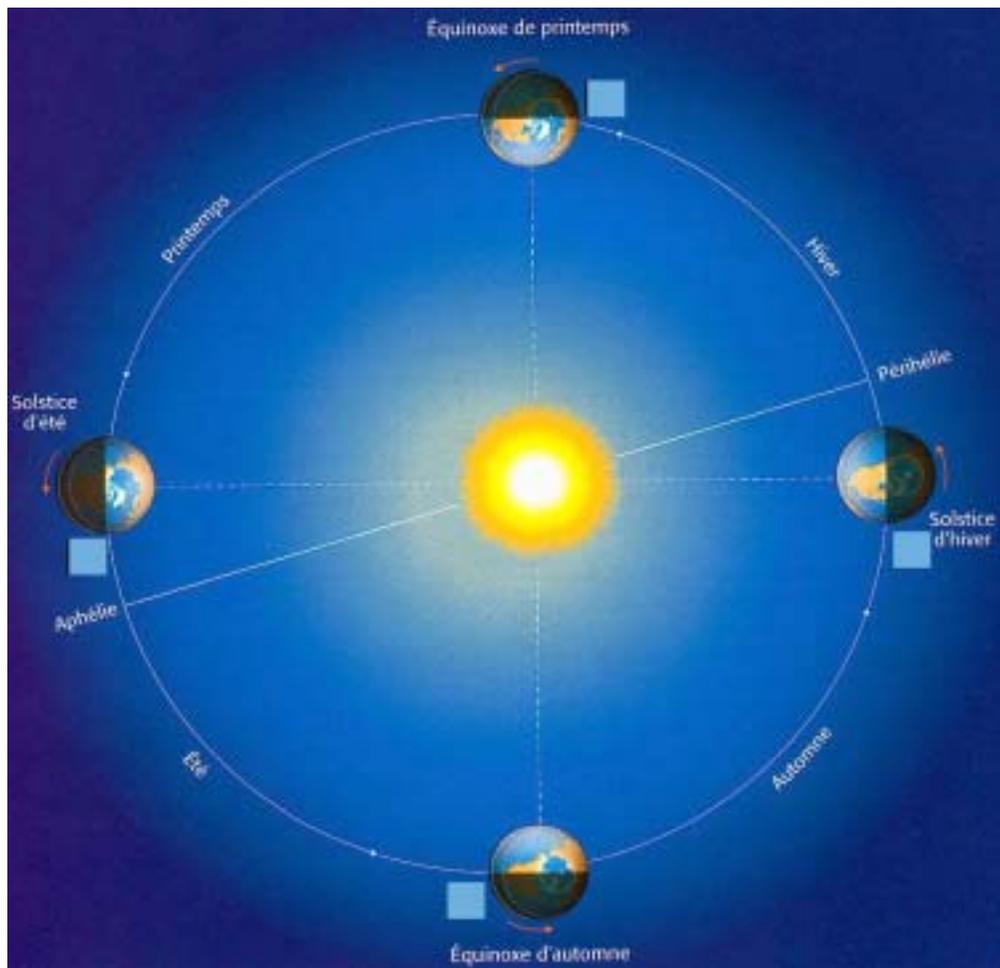
L'orbite de la Terre autour du Soleil est légèrement elliptique (une ellipse est un cercle légèrement aplati). La distance Terre-Soleil varie donc au cours de l'année, mais très peu. Il existe tout de même un moment où nous sommes plus proches du Soleil (le périhélie) et un autre où nous en sommes plus éloignés (l'aphélie). Cette variation de distance peut-elle expliquer les saisons? Si tel était le cas, l'été devrait avoir lieu lorsque la Terre est au plus près du Soleil et l'hiver lorsqu'elle se trouve au plus loin. Or, la Terre est plus proche du Soleil en janvier et plus éloignée en juillet! Et comment expliquer aussi que l'été de l'hémisphère Sud ait lieu en même temps que l'hiver dans l'hémisphère Nord?

En réalité, la variation de la distance Terre-Soleil (de l'ordre de 3 %) est trop faible pour expliquer les différences de température entre l'hiver et l'été. Invoquer la distance Terre-Soleil pour expliquer les saisons est une erreur trop répandue qu'il convient de rectifier.

Des saisons inégales

Bien que la variation de la distance Terre-Soleil ne soit absolument pas la cause des saisons, celle-ci a tout de même des conséquences sur la durée des saisons.

Le Soleil n'est pas exactement au centre de l'orbite terrestre. La distance Terre-Soleil varie ainsi de 147 millions de kilomètres au périhélie, vers le 4 janvier, à 152 millions de kilomètres à l'aphélie, vers le 5 juillet. Il se trouve qu'actuellement, le moment du solstice d'hiver dans l'hémisphère Nord et le moment du passage de la Terre au périhélie ont lieu à quelques jours d'intervalle. Nous savons aussi, depuis les travaux de l'astronome allemand Johannes Kepler (1571-1630), que la vitesse d'une planète sur son orbite est plus grande au périhélie qu'à l'aphélie. La Terre atteint ainsi sa vitesse maximale sur son orbite au début de janvier, lorsqu'elle est au périhélie. Pour l'hémisphère Nord, entre le solstice d'hiver et l'équinoxe de printemps, la Terre avancera alors plus vite qu'au cours de l'été. C'est pourquoi l'hiver est la saison la plus courte. À l'inverse, du solstice d'été à l'équinoxe d'automne, la Terre vit sa plus longue saison, alors qu'elle avance lentement sur son orbite.



Source : Planétarium de Montréal

La durée des saisons dans l'hémisphère Nord est la suivante : 89 jours en hiver; 92 jours 18 heures au printemps; 93 jours 16 heures en été et 89 jours 20 heures en automne.

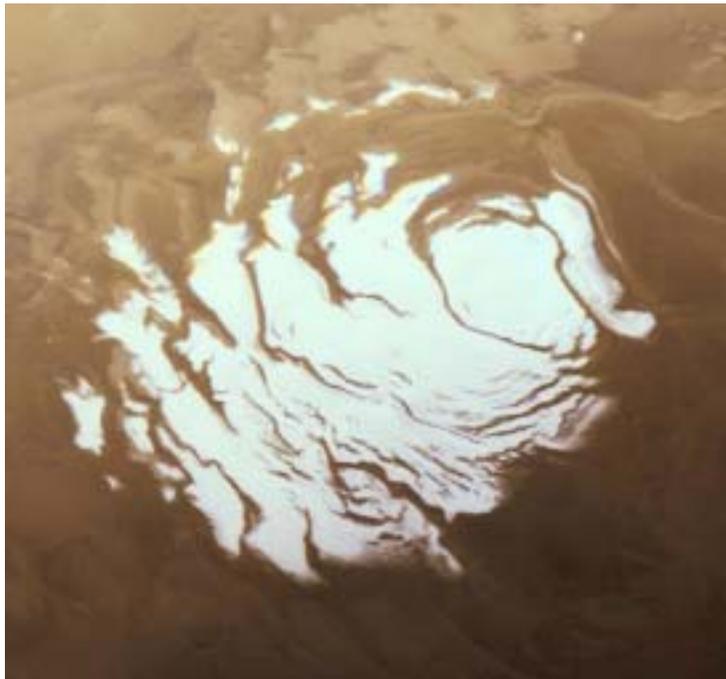
Pourquoi fait-il plus chaud en été?

Deux raisons expliquent pourquoi il fait chaud en été : le Soleil est plus haut dans le ciel et la durée d'ensoleillement est plus longue. Il en résulte que le Soleil chauffe le sol plus efficacement et plus longtemps. Ces deux conditions sont optimales autour du solstice d'été, le 21 juin; le Soleil est alors au plus haut dans le ciel et la journée est la plus longue de l'année. Nous recevons ce jour-là la plus grande quantité de chaleur de toute l'année. Mais ce n'est pas nécessairement le jour où la température est la plus élevée, car il faut à la Terre un certain temps pour distribuer cette chaleur et se réchauffer. D'autres facteurs climatiques locaux entrent également en ligne de compte et expliquent les variations de température d'une journée à l'autre.

Les saisons sur la planète Mars

Quatrième planète à partir du Soleil, juste après la Terre, Mars est toujours l'objet d'une intense exploration par les scientifiques et les agences spatiales. Elle a beaucoup de points communs avec la Terre. La durée du jour sur Mars est de 24 h 37 min, très proche des 24 heures terrestres. L'inclinaison de son axe de rotation est de $25^{\circ} 11'$, proche également des $23^{\circ} 26'$ pour la Terre.

Mars connaît donc des saisons semblables à celles de la Terre. Mais l'orbite de Mars autour du Soleil est beaucoup plus excentrique que celle de la Terre, et les saisons martiennes sont de durées très variables. Le périhélie ayant lieu en automne pour l'hémisphère Nord, c'est la saison martienne la plus courte, 147 jours seulement pour 199 jours pour le printemps, la saison la plus longue. Ces différences saisonnières se reflètent dans l'apparence des calottes polaires martiennes qui, au fil des saisons, s'étendent et régressent.



Calotte polaire martienne
Source : Planétarium de Montréal

Le climat et l'orbite de la Terre

En excluant les grands changements climatiques créés par les sociétés industrielles qui semblent avoir modifié beaucoup trop rapidement l'atmosphère terrestre (augmentation du dioxyde de carbone et renforcement de l'effet de serre, diminution de la couche d'ozone), il est possible d'analyser l'évolution du climat terrestre par l'étude des paramètres orbitaux de la Terre.

De nombreux indices démontrent que, dans le passé, le climat à la surface de la Terre a évolué au cours du temps. Plusieurs causes ont joué un rôle important dans cette évolution; mentionnons entre autres la dérive des continents, les variations de l'activité solaire ou le volcanisme. Mais ce qui nous intéresse ici, ce sont les variations de la position de la Terre par rapport au Soleil et, dans ce scénario, trois paramètres sont importants : l'inclinaison de l'axe de la Terre, la position du périhélie par rapport aux équinoxes et la valeur de l'excentricité de l'orbite de la Terre.

Les valeurs de ces paramètres varient avec le temps et l'on a réussi, grâce à des simulations, à expliquer l'apparition de la période de glaciation qui a eu lieu il y a 22 500 ans ainsi que la période interglaciaire commencée il y a 11 500 ans.



Photographie d'un glacier sur Terre
Source : Planétarium de Montréal

Conclusion

Bien que le mécanisme des saisons s'explique simplement par l'inclinaison de l'axe de rotation de la Terre par rapport au plan de son orbite autour du Soleil, il n'en demeure pas moins que le concept est toujours difficile à saisir par le grand public, jeune ou adulte. Il ne faut donc pas hésiter à utiliser des observations, des maquettes, des simulations et beaucoup de patience pour venir à bout des idées préconçues.

Bibliographie

CANSERET, Pierre et Liliane SARRAZIN. *Les saisons et les mouvements de la Terre*, 2004, BELIN-Pour la Science, Paris, 128 pages.

SAVOIE, Denis. *Les cadrans solaires*, 2004, BELIN-Pour la Science, Paris, 128 pages.

CHASTENAY, Pierre. *La Terre, la Lune et le Soleil*, 2004, Éditions Michel Quintin, Waterloo, 48 pages.

SÉGUIN, Marc et Benoît VILLENEUVE, *Astronomie et astrophysique; cinq grandes idées pour expliquer et comprendre l'Univers*, 1995, Éditions du Renouveau pédagogique inc., Saint-Laurent, 550 pages.

Thématique des saisons:

Mentionnons que le thème des saisons a influencé de nombreux poètes, écrivains et compositeurs, par exemple:

Les poèmes:

« Automne » de Guillaume Apollinaire, « Voici que la saison décline » et « Avril » de Victor Hugo, « L'automne » d'Alphonse de Lamartine, « Soir d'hiver » et « Automne » de Nelligan, « Chanson d'automne » de Verlaine, « Corneille » de Georges Dor et bien d'autres encore.

Les chansons:

« L'hiver » de Monique Leyrac, « Octobre » de Francis Cabrel, « L'hymne au printemps » de Félix Leclerc, « C'est l'hiver demain », « Demain l'hiver » et « L'été passé » de Robert Charlebois, « Migration » de Zachary Richard, et bien d'autres encore.

Il ne faudrait pas oublier les pièces de musique classique telles « Les quatre saisons » de Vivaldi ou « Le Sacre du printemps » de Stravinski.