

Activité 6: La théorie astronomique des variations climatiques: les paramètres orbitaux de Milankovitch

L'étude des variations climatiques des 700 000 dernières années met en évidence une alternance de périodes glaciaires et inter-glaciaires. On dénombre 7 périodes glaciaires au cours des 700 000 dernières années; on observe ainsi une périodicité de 100 000 ans entre 2 maxima glaciaires. Au sein de ces périodes de 100 000 ans, on distingue des variations climatiques de moindre amplitude sur des périodes de 41.000, 23.000 et 19.000 ans. La teneur en CO₂ atmosphérique et l'albédo amplifient les variations climatiques selon un mécanisme de rétroaction positive; ce qui devrait s'opposer à l'alternance de périodes glaciaires et interglaciaires observée au cours des 700 000 dernières années; il existerait donc un mécanisme initiateur des variations climatiques. Au début du XX^e siècle, un mathématicien Serbe: Milutin Milankovitch étudie les causes des variations climatiques au cours du Quaternaire. Il émet l'hypothèse d'une influence astronomique, et il teste son hypothèse en étudiant les variations de certains paramètres orbitaux: l'excentricité, l'obliquité, et la précession des équinoxes.

	Obliquité	Excentricité (e)	Précession des équinoxes
Périodicités	41 000 ans	100 000 et 400 000 ans	23 000 et 19 000 -> résultante: 21 000 ans
Variations	21,9° < obliquité < 24,5°	0 < e < 0,6	
Valeur actuelle	23,45°	e = 0,017	
Conséquences climatiques des variations des paramètres orbitaux indépendamment les uns des autres	<p><u>Si l'obliquité diminue par rapport à l'actuel:</u> L'angle d'incidence des rayons solaires augmente au solstice d'hiver (hiver + chaud) et diminue au solstice d'été (été + froid) dans l'hémisphère nord. Il y'a moins de contrastes saisonniers.</p> <p>L'angle d'incidence des rayons diminue au solstice d'hiver (été + froid) et augmente au solstice d'été (hiver + chaud) dans l'hémisphère sud. Il y'a moins de contrastes saisonniers</p>	<p>Si e = 0 (l'orbite de la terre autour du soleil forme un cercle parfait) alors la distance terre – soleil reste constante toute l'année (le soleil est situé au centre du cercle)</p> <p><u>Conséquences par rapport à la situation actuelle des paramètres orbitaux:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • plus de contrastes saisonniers dans l'hémisphère nord (terre plus éloignée du soleil en hiver, et plus proche en été) • moins de contrastes saisonniers dans l'hémisphère sud 	<p><u>Situation actuelle:</u> Dans l'hémisphère nord, l'hiver coïncide avec la périhélie (terre au plus proche du soleil) ; l'été coïncide avec l'aphélie (terre au plus loin du soleil). Il y'a donc moins de contrastes saisonnier dans l'HN</p> <p>Dans l'hémisphère sud, l'hiver coïncide avec l'aphélie; l'été coïncide avec la périhélie. Il y'a donc plus de contrastes saisonniers dans l'HS</p>
	<p><u>Si l'obliquité augmente par rapport à l'actuel:</u> L'angle d'incidence des rayons diminue au solstice d'hiver (hiver + froid) et augmente au solstice d'été (été + chaud) dans l'hémisphère nord. Il y'a davantage de contrastes saisonniers.</p> <p>L'angle d'incidence des rayons augmente au solstice d'hiver (été + chaud) et diminue au solstice d'été (hiver + froid) dans l'hémisphère sud. Il y'a davantage de contrastes saisonniers.</p>	<p>Si e = 0,06 (l'orbite de la terre autour du soleil forme une ellipse légèrement aplatie) alors la distance terre–soleil varie encore plus qu'actuellement au cours de l'année (le soleil est situé à un des foyer de l'ellipse)</p> <p><u>Conséquences par rapport à la situation actuelle des paramètres orbitaux:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • moins de contrastes saisonniers dans l'hémisphère nord (terre plus proche du soleil en hiver et plus éloignée en été) • plus de contrastes saisonniers dans l'hémisphère sud 	<p><u>Situation à + ou – 10 500 ans par rapport à l'actuel:</u> Dans l'hémisphère nord, l'hiver coïncide avec l'aphélie; l'été coïncide avec la périhélie. Il y'a donc plus de contrastes saisonniers dans l'HN</p> <p>Dans l'hémisphère sud, l'hiver coïncide avec la périhélie ; l'été coïncide avec l'aphélie. Il y'a donc moins de contrastes saisonniers dans l'HS</p>

Conditions d'installation d'une calotte polaire: les calottes polaires s'installent sur des continents or au quaternaire les continents sont majoritairement dans l'hémisphère nord. L'installation d'une calotte polaire dans l'HN est favorisée par un faible contraste saisonnier dans l'HN. Pour cela la situation astronomique idéale est: une excentricité forte + une obliquité faible + une précession similaire à l'actuelle. La fonte d'une calotte polaire dans l'HN est favorisée par un fort contraste saisonnier dans l'HN. Pour cela la situation astronomique idéale est: une excentricité forte + une obliquité forte + une précession inverse par rapport à l'actuelle.

Deux arguments principaux permettent de valider la théorie astronomique des climats:

(1) Les variations de l'insolation calculées en tenant compte de l'excentricité, de l'obliquité et de la précession des équinoxes au cours des 700 000 dernières années sont corrélées à celles du $\delta 18\text{O}$ des carbonates: plus l'insolation est élevée, plus le $\delta 18\text{O}$ est faible. Or plus le $\delta 18\text{O}$ dans les carbonates est faible, plus la t° globale de la Terre était élevée. Les variations de l'insolation calculées à partir des paramètres orbitaux sont en cause dans les variations climatiques de la Terre au cours des 700 000 dernières années.

(2) L'excentricité de la Terre varie selon des cycles de 100 000 ans, l'obliquité varie selon des cycles de 41 000 ans et la précession varie selon des cycles de 23 000 et 19 000 ans. Or les variations climatiques de la Terre ont une périodicité de 100 000, 41 000 et 23 000 et 19 000 ans. Les variations de l'excentricité de la Terre sont responsables des variations climatiques de périodicité 100 000 ans (cycles climatiques), les variations de l'obliquité de la Terre sont responsables des variations climatiques de périodicité 41 000 ans et la précession des équinoxes est responsable des variations climatiques de périodicités 23 000 et 19 000 ans. La corrélation entre les variations des paramètres orbitaux et les variations climatiques ainsi que la similitude des périodicités plaident en faveur de la théorie astronomique des climats. Cependant, l'impact sur l'insolation reste très modeste: les variations sont de l'ordre de 0,1% ce qui entraîne une variation de la température moyenne du globe de quelques dixièmes de degrés, or l'amplitude des variations thermiques mesurées entre les périodes glaciaires et interglaciaires est de l'ordre de 5°C à 10°C. Les variations des paramètres orbitaux agissent comme un mécanisme initiateur des variations climatiques qui sont ensuite amplifiées par la teneur en CO₂ et l'albédo.