Zeitschrift: Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Herausgeber: Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel

Band: 8 (1867-1870)

Artikel: Sur les causes astronomiques qui ont une influence sur les phénomènes géologiques

Autor: Ladame

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-88043

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

MÉMOIRE DE JOHN-F.-W. HERSCHEL

INTITULÉ

SUR LES CAUSES ASTRONOMIQUES

QUI ONT UNE INFLUENCE

sur les phénomènes géologiques,

Lu à la Société géologique le 15 décembre 1830.

TRAD. PAR LE PROF. LADAME, DÉCEMBRE 1867.

Quoique le but des géologues, dans l'état actuel de la science, se restreigne à l'observation des faits et à n'en tirer que des conclusions, autant que possible, indépendantes de toute théorie; cependant, si l'on remarque que la théorie borne présentement son rôle à montrer l'influence des causes aujourd'hui connues, qui modifient les conditions actuelles de notre globe et à nous mettre en état d'estimer l'étendue de leur action, on a droit de s'attendre à ce qu'elle rende de véritables services à la science.

Les théories générales tendent à simplifier dans quelque mesure les problèmes que la science est appelée à résoudre, et si elles ne parviennent pas à des solutions entièrement satisfaisantes, elles ont au moins pour effet de réduire les questions à leurs vraies difficultés, et en distinguant dans les faits ceux qui peuvent et ceux qui ne peuvent pas s'expliquer par des principes connus, elles circonscrivent mieux le champ de l'étude, et invitent la spéculation à rechercher des causes nou-

velles et d'un autre ordre que celles qui sont actuellement admises.

Les considérations qui précèdent m'ont engagé à présenter à la société, quoique avec une certaine hésitation et dans un état très-informe et très-imparfait, quelques vues, qui ont surgi dans mon esprit à l'occasion de la possibilité d'expliquer quelques parties, sans doute bien minimes, des grands phénomènes géologiques.

Nous voulons parler surtout des différences que les restes organiques enfouis dans les couches stratifiées, nous conduisent à admettre entre les climats actuels d'une grande étendue de la surface du globe et peut-être même de sa surface entière et ceux des époques géologiques qui embrassent une longue période de temps.

Les essais ingénieux qui ont été faits récemment pour rendre compte de ce phénomène remarquable, nous donnent l'opinion des géologues sur l'importance de ce sujet et semblent en même temps nous engager à ne pas désespérer d'arriver à des conclusions exactes et à ne pas considérer comme inutiles les recherches qui ont pour but de rendre attentif aux causes dont l'influence est démontrée, et dont il s'agit seulement de calculer la valeur.

Sous l'impression de ce magnifique point de vue qui regarde les révolutions géologiques plutôt comme les effets réguliers et nécessaire de causes grandes et générales que comme résultant d'une série de convulsions et de catastrophes ne pouvant pas être réglées par des lois, ni réduites à des principes fixes; la pensée se tourne naturellement, sur ces périodes immenses qui existent dans le système planétaire et qui sont si familières aux astronomes. On est frappé, d'entrée, du parallélisme que présente la durée des périodes astronomiques comparée avec celles que nous révèle la géologie.

L'analogie ou la proportionnalité entre ces longues périodes et celles qu'admet le géologue, nous donne l'espoir de découvrir quelques relations entre les phénomènes astronomiques de l'orbite de notre planète et son histoire géologique.

Le soleil et la lune sont les seuls corps de notre système qui aient une influence directe sur notre globe, l'un et l'autre ont une part dans la production des marées, et le premier agit, en outre, par sa chaleur.

L'action de ces astres dans le phénomène des marées est, comme on le sait, inversement proportionnelle au cube de leur distance à la terre. — De là résulte que si ces astres, et en particulier la lune, s'approchaient considérablement de la terre, les marées deviendraient beaucoup plus grandes qu'elles ne le sont aujourd'hui. Si, par exemple, la distance moyenne de la lune diminuait seulement de $^1/_{30}$ de sa valeur actuelle, l'ascension et l'abaissement de la mer s'accroîtraient de plus de $^1/_3$, ce qui augmenterait beaucoup son action corrosive sur les continents ainsi que sur le mouvement et le transport des matériaux qui les constituent.

La distance moyenne de la lune est actuellement en décroissance. Cette décroissance existe depuis les plus anciens âges et produit le phénomène connu sous le nom de « accélération du mouvement moyen de la lune. » Laplace a démontré que ce décroissement qui se fait, d'ailleurs, avec une extrême lenteur, n'atteindra jamais une valeur assez grande pour qu'on doive en tenir compte dans les faits qui nous occupent. En outre, ce décroissement se convertira après une période d'une immense longueur, en un accroissement qui, à son tour, n'atteindra jamais une valeur suffisante pour apporter des changements considérables sur le globe terrestre.

L'excentricité de l'orbite lunaire est aussi assujetti à une inégalité ; à cet égard, on n'a pas prouvé que cette inégalité n'a pas pu atteindre autrefois, il y a plusieurs millions d'années, une valeur beaucoup plus grande que celle qu'elle a aujourd'hui. On n'a pas démontré, non plus, qu'elle n'appartient pas aux inégalités d'une immense étendue, ou qu'elle n'est pas le résultat de plusieurs inégalités de ce genre. — Dans cette incertitude, si on admet le cas d'une forte excentricité, il en résultera que les marées du périgée lunaire auront éprouvé un accroissement correspondant. Cependant, il n'y a aucune raison de croire que le rapprochement de la lune ait pu parvenir jusqu'aux deux tiers de la distance actuelle

du périgée, et même dans cette hypothèse (assurément très-exagérée) la marée lunaire n'aurait pas atteint 3 $^1/_2$ fois sa grandeur actuelle, et aurait produit sans doute de grandes dévastations dans les estuaires et les canaux resserrés; mais il n'est pas possible d'expliquer par là aucun grand phénomène diluvien, car le déplacement des eaux se faisant graduellement, leurs effets devaient avoir lieu par des graduations insensibles en rapport avec la cause qui les produisait, et se faire sentir surtout dans le voisinage des côtes et le long de leurs contours.

Enfin, il ne paraît pas que les perturbations de l'orbite lunaire qui résultent de l'action du soleil aient pu, malgré l'étendue dont elles sont susceptibles, exercer quelque influence sur l'état géologique de la terre.

Considérons maintenant les changements que l'orbite terreste peut subir par suite des actions planétaires. — En fait, il est évident qu'il n'est point nécessaire de s'occuper des marées produites par l'action solaire, car les raisonnements que nous avons faits plus haut sur les marées lunaires s'appliquent, à bien plus forte raison, aux marées solaires. Nous nous occuperons seulement des variations des quantités de chaleur et de lumière que le soleil verse sur la terre.

Les géomètres ayant démontré l'invariabilité absolue de la distance moyenne de la terre au soleil, il semble qu'on devrait en conclure que la lumière et la chaleur qui proviennent de cet astre devraient aussi être invariables, mais un examen plus attentif de cette question nous montre que cette conclusion n'est pas légitime, que la radiation moyenne du soleil dépend de l'excentricité de l'orbite terrestre et que par conséquent elle est sujette à des variations.

Sans entrer maintenant dans des calculs mathématiques, il nous suffit pour notre but d'énoncer le théorème suivant dont chacun pourra facilement se rendre compte sans peine :

« Dans les variations de l'excentricité de l'orbite, la quan-
» tité totale de chaleur que la terre reçoit du soleil pendant
» une révolution, est inversement proportionnelle au petit
» axe de l'orbite. »

Maintenant, puisque le grand axe est invariable comme

nous l'avons fait observer plus haut, et que par suite il en est de même de la longueur absolue de l'année, il en résulte que la quantité moyenne de chaleur que le soleil envoie à la terre ne dépend que de la grandeur du petit axe, conformément au théorème que nous venons d'énoncer.

Nous voyons par là que la circonstance que dans notre première appréciation nous avions considérée comme démontrant que le soleil nous verse une quantité constante de chaleur, est devenue un élément essentiel du raisonnement par lequel nous avons prouvé sa variabilité.

L'excentricité de l'orbite terrestre est actuellement en décroissance, et cela avait déjà lieu avant les temps historiques. En conséquence, l'ellipse se rapproche de plus en plus d'un cercle, et son petit axe allant en augmentant, la quantité annuelle de chaleur que le soleil verse sur la terre est actuellement en décroissance.

Ce fait est en concordance avec les faits géologiques qui indiquent un refroidissement général des climats, mais quand nous apprécions la valeur de la diminution de l'excentricité et que nous calculons la variation qui en résulte sur la température des climats, nous reconnaissons immédiatement qu'une grande diminution dans l'excentricité est nécessaire pour produire un accroissement sensible dans le petit axe, ainsi qu'on peut en juger par le tableau suivant:

Excentricité.	Petit axe.	Chaleur reçue réciproque au petit axe.
0,00	1,000	1,000
0,05	0,999	1,002
0,10	0,995	1,005
0,15	0,989	1,011
0,20	0,980	1,021
0,25	0,968	1,032
0,30	0,954	1,048

Ce tableau [1] a été publié dans les *Bulletins de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, à la page 569 du 7e volume.

Il ressort de ce tableau que si l'orbite terrestre passait de

[1] *Note du traducteur :* Ce tableau contient deux fautes, dans la 3me colonne il faut écrire 1,002 au lieu de 1,001 et 1,032 au lieu de 1,033.

a forme circulaire à celle d'une ellipse ayant une excentricité égale au quart du grand axe, cela ne produirait dans la chaleur annuelle du soleil qu'une différence de 3 °/₀.

Une excentricité aussi considérable ne se rencontre dans le système planétaire que pour les planètes Pallas et Junon.

Je ne crois pas que la limite de l'accroissement de l'excentricité de l'orbite terrestre ait jamais été calculée, mais, si on ne connaît pas la valeur extrême de cette limite, il est du moins prouvé que cette limite existe. — Le célèbre théorème de Laplace, qu'on cite ordinairement comme prouvant que les orbites planétaires ne s'écarteront jamais d'une manière sensible de la forme circulaire, n'est vrai que pour les grosses planètes comme Jupiter et Saturne, mais pour les autres planètes, ce théorème prouve le contraire, d'où l'on serait en droit de conclure que l'orbite terrestre pourrait devenir elliptique à toutes espèces de degré.

En absence de calculs qui, quoique possibles, n'ont cependant, je crois, jamais été faits et qui ne sont pas d'une mince difficulté, nous pouvons admettre que les excentricités des orbites des planètes, tant intérieures qu'extérieures, ont pu atteindre et peuvent encore atteindre celle que la terre pourrait elle-même subir. Le fait que de fortes excentricités existent actuellement dans notre système, prouve qu'elles ne sont pas incompatibles avec la stabilité générale du système, et que par conséquent le calcul de ces excentricités est possible en tenant compte dans chaque cas des éléments qui le concernent. Ainsi, pour la terre, on aura égard à l'action des quatre planètes, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne qui ont particulièrement une influence prépondérante sur l'orbite terrestre comme aussi de l'action qu'elles exercent les unes sur les autres.

Les principes de ce calcul sont détaillés dans l'article de l'ouvrage de Laplace déjà cité, mais avant d'entreprendre un si rude travail, il est nécessaire de se demander quels sont les avantages qu'on peut en tirer.

Il semble clair à première vue que la variation de 3 °/₀ seulement dans la radiation moyenne annuelle du soleil (qui résulte d'une supposition extrême) ne suffit pas pour expliquer

les changements de climats. Cependant, on peut répondre à ce doute que l'action solaire a pour effet de maintenir la température de la surface terrestre à sa hauteur moyenne actuelle, non pas au-dessus du zéro Farenheit ou de tout autre thermomètre, mais plutôt au-dessus de la température des espaces célestes, supposés abrités de l'action solaire. — Or, quelle est cette température? c'est le sujet de nombreuses discussions. Fourier a considéré comme démontré qu'elle n'est pas de beaucoup inférieure à celles des régions polaires de notre globe, mais les bases de cette opinion me paraissent soumises à des objections considérables.

Si les régions célestes étaient réellement vides de matière, leur température proviendrait seulement, d'après Fourier, de la radiation des étoiles, qui doit être de beaucoup inférieure à celle due à la radiation solaire, dans le rapport de la lumière d'une nuit claire, à celle du milieu du jour le plus brillant; en d'autres termes elle est vraiment presque comme s'il y avait privation totale de chaleur [1] presque le zéro absolu à l'égard duquel il y a des opinions très-divergentes, les uns le plaçant à 1000°, d'autres à 5000° Far: au-dessous du point de la glace fondante, et des troisièmes encore plus bas. Dans cette hypothèse, une seule unité °/₀ dans la moyenne de la radiation solaire suffirait pleinement pour produire un changement de climat proportionnel aux demandes des géologues [2].

[1] Le rapport entre la lumière du soleil et celle de la lune a été estimé par Bouger comme 300,000 : 1. — Si nous admettons que la lumière de la lune dans son plein soit seulement cent fois plus grande que celle d'une nuit étoilée, ce qui est une supposition très-modérée, nous aurons 30,000,000 pour le rapport entre le pouvoir éclairant du soleil et celui des étoiles de notre hémisphère, et par conséquent 15,000,000 pour le rapport entre le pouvoir calorifique du soleil et celui de toutes les étoiles des deux hémisphères.

Note du traducteur. Ce rapprochement entre la chaleur et la lumière est intéressant, mais il n'est pas exact, car depuis les expériences de Melloni, on sait que la chaleur et la lumière sont deux choses distinctes qu'on peut isoler. On peut avoir une lumière éclatante sans chaleur.

[2] L'auteur semble admettre implicitement que la différence de température entre la terre et celle de l'espace est proportionnelle à la quantité de chaleur

Nous n'irons pas plus loin dans cette discussion qui, d'après le coup-d'œil rapide que nous avons jeté sur ce sujet, présente des difficultés sérieuses qui sont loin d'être exagérées.

Dans ce qui précède, nous avons examiné l'influence de l'excentricité de l'orbite terrestre sur les températures moyennes, nous voulons maintenant nous occuper de ses effets extrêmes, dans les saisons d'hiver et d'été pour certaines régions de la surface terrestre, surtout celles où ces différences se font le plus sentir.

Ici, si je ne me trompe pas, il me paraît que les grandes variations dans l'excentricité que nous avons provisoirement admises comme possibles, peuvent produire des différences considérables dans les climats, et cela pendant de longues périodes de temps, soit pour diminuer ou augmenter les différences de température de l'hiver à l'été, soit pour produire alternativement un printemps perpétuel dans les latitudes correspondantes de chaque hémisphère, soit enfin pour amener des extrêmes de chaleur brûlante et de froid rigoureux.

Pour examiner cette question, nous prendrons comme cas extrême, les orbites de Junon et de Pallas, dans lesquelles les plus grandes et les plus petites distances sont entre elles comme 5 : 3, ce qui produit une différence de radiation dans le rapport de 25 : 9 ou sensiblement comme 3 : 1.

Pour comprendre quels seront les effets de cette grande variation dans la chaleur reçue à diverses époques de l'année, nous choisirons la latitude dans laquelle le périgée solaire coïncide avec le solstice d'été. — Dans ce cas, la différence entre les températures de l'été et celles de l'hiver seront augmentées, comme si trois soleils étaient côte à côte dans la première saison, et seulement *un* dans la dernière, ce qui donnerait lieu à un climat tout à fait intolérable. — D'un autre côté, si le périgée se trouvait correspondre au solstice d'hiver, nos trois soleils produiraient, dans cette dernière saison, un effet probablement suffisant pour compenser la

reçue, ainsi en supposant que cette différence est actuellement de 5,000°, 1 % de diminution dans la radiation solaire, produirait un abaissement de température de 50°.

courte durée des jours et l'obliquité des rayons solaires, ensorte que l'été deviendrait l'hiver.

La diminution actuelle de l'excentricité est assez lente pour qu'il faille plus de 600,000 ans avant que l'orbite devienne circulaire, et encore ce calcul est-il fait dans l'hypothèse d'une diminution uniforme, ce qui ne peut être le cas, puisque quand on arrive près du maximum, les variations sont beaucoup plus lentes, on peut donc considérer comme évident que 10,000 ans s'écouleront avant que les changements accomplis méritent de fixer notre attention, en admettant les données d'où nous sommes partis.

D'après les idées très-ingénieuses de M. Lyel, [1] il suffirait de combiner les effets de la précession des équinoxes avec le mouvement des apsides dans leur orbite, pour faire passer le périgée d'un des solstices à l'autre et pour produire, dans les climats, des changements suffisants pour donner lieu à des modifications importantes dans la flore d'une contrée.

Dans ce qui précède, nous avons raisonné, en partant d'une supposition extrême dont l'impossibilité n'a cependant pas été démontrée. Si elle ne devait pas se réaliser, mais qu'on en approchât plus ou moins, les conséquences seraient les mêmes, mais amoindries dans leur grandeur. Enfin, si on parvient à démontrer par le calcul que l'excentricité de l'orbite terrestre est renfermée dans des limites très étroites, et si, après une discussion approfondie du point très-difficile et très-délicat des effets actuels de la radiation, on arrive à ce

[1] M. Lyell, en admettant que l'hémisphère nord reçoit plus de chaleur et de lumière que l'hémisphère sud, parce que le soleil est huit jours de plus dans le premier hémisphère que dans le second, me paraît avoir méconnu les effets du mouvement elliptique, car il est démontré que malgré l'ellipticité de l'orbite terrestre, les deux hémisphères reçoivent des quantités égales de chaleur et de lumière, la proximité du soleil dans le périgée étant exactement compensée par le mouvement plus rapide du globe terrestre.

Ceci découle d'un théorème qu'on peut énoncer comme suit :

La quantité de chaleur solaire reçue par la terre pendant qu'elle parcourt une partie quelconque de son orbite, est proportionnelle à l'angle qu'elle décrit autour du soleil comme centre. Si donc on divise l'orbite en deux portions par une ligne quelconque passant par le centre du soleil, la chaleur reçue par la terre à mesure qu'elle décrit les deux segments inégaux de l'ellipse, est égale pour chacun d'eux.

résultat que les températures moyenne et extrême de nos climats ne sont pas sensiblement affectées, on aura au moins la satisfaction de savoir que les causes des phénomènes en question ne doivent pas être recherchées dans notre système planétaire, car outre l'excentricité et l'obliquité de l'écliptique, cette dernière étant renfermée dans des limites très-resserrées, on ne connaît pas d'autres causes astronomiques qui soient en relation avec les faits géologiques dont nous avons parlé.

Signé: J.-F.-W. Herschel.

Inséré dans la seconde partie du 3e volume, seconde série des transactions de la Société géologique de Londres, ce volume n'a été terminé qu'en 1835, époque où le traducteur a publié lui-même dans le premier volume des *Mémoires de la Société des sciences naturelles de Neuchâtel*, un mémoire où ce sujet a aussi été traité, mais à un autre point de vue. Il tient à dire que le travail de Herschel lui était alors absolument inconnu.