

LES PHÉNOMÈNES
GLACIAIRES
ET TORRIDES

Causes auxquelles ils doivent être attribuées

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
ET LES OSCILLATIONS POLAIRES

PAR

JULES PÉROCHE

Membre de la Société des Lettres, Sciences et Arts de Bar-le-Duc;
Membre correspondant de la Société académique d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres
du département de l'Aube;
Directeur des Contributions indirectes.



PARIS
LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}
8, place de l'Odéon

—
1877

LES PHÉNOMÈNES
GLACIAIRES
ET TORRIDES

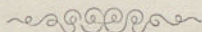
Causes auxquelles ils doivent être attribuées

LA PRÉCESSION DES ÉQUINOXES
ET LES OSCILLATIONS POLAIRES

PAR

JULES PÉROCHE

Membre de la Société des Lettres, Sciences et Arts de Bar-le-Duc ;
Membre correspondant de la Société académique d'Agriculture, Sciences, Arts et Belles-Lettres
du département de l'Aube ;
Directeur des Contributions indirectes.




PARIS
LIBRAIRIE GERMER BAILLIÈRE ET C^{ie}
8, place de l'Odéon

—
1877

Extrait des Mémoires de la Société des Lettres, Sciences et Arts
de Bar-le-Duc, tome VI, année 1876.

LES PHÉNOMÈNES
GLACIAIRES ET TORRIDES.

os latitudes ont passé, à des époques plus ou moins reculées, par des alternatives d'extrême chaleur et d'extrême froid qui sont de toute évidence. La preuve en existe dans les formations minérales, et, relativement à la dernière période glaciaire, les marques des grandes congélations sont telles qu'elles ne peuvent particulièrement laisser aucun doute, ni sur la réalité, ni sur l'importance du phénomène.

Ces variations si tranchées, dont on a trouvé des traces jusque dans les couches permienes (1), peuvent-elles ou non

(1) Conglomérats du Shropshire, en Angleterre, d'après Ramsay.

avoir des rapports avec la précession des équinoxes? C'est une question que la science s'est déjà bien souvent posée, mais que, jusqu'ici, elle n'a que très-imparfaitement résolue. Nous croyons qu'elle n'a jamais été envisagée sous son véritable aspect.

On connaît le mouvement de notre planète qui donne lieu à la précession. Sous l'influence d'attractions diverses, notamment de celle du Soleil, et en raison de sa forme, la Terre oscille sur son orbite, ce qui fait que son axe de rotation décrit autour du pôle céleste un cercle dont le rayon est égal à son inclinaison. Dans ce mouvement et tout en se balançant, le globe tourne donc toujours sur lui-même exactement de la même manière, et rien ne change pour lui que sa position par rapport au plan de l'écliptique.

Disons-le tout d'abord, dans ces seules conditions, on ne saurait rien trouver qui conduise à la solution cherchée. Il est clair que, de quelque côté que se porte l'axe dans son mouvement circulaire, on n'a, par ce seul fait, ni les grandes chaleurs ni les grands froids constatés. Les changements de projection auxquels il est soumis, ainsi envisagés, ne donnent et ne peuvent donner que des transpositions de saisons, et cela sans que les températures relatives se modifient d'une manière quelconque. Mais une autre action vient se combiner avec la précession. C'est celle qui naît de l'excentricité de l'orbite de la Terre. Voyons si, avec l'accord de ces causes, on arrive à quelque chose de plus réel.

Les modifications de température résultant, pour la Terre, du plus ou moins d'excentricité de son orbite ont été contestées (1). On ne l'a pas fait avec une complète raison. Toutefois, les variations ne seraient pas telles qu'on les a imaginées. Au XIII^e siècle, exactement en l'an 1248 de notre ère, l'hiver, pour nous, correspondait avec le passage de la Terre au point de son parcours le plus rapproché du Soleil. Nous nous serions trouvés alors au milieu d'une de nos périodes de chaleur, et

(1) M. Babinet.

elle durerait encore actuellement. A cette époque, nos hivers, plus courts, ont-ils été moins froids qu'auparavant? Nos étés, plus longs, ont-ils été plus chauds? Nos hivers et nos étés d'alors se sont-ils modifiés comparativement à ceux d'aujourd'hui? Si des différences existent ou ont existé, tout montre qu'elles n'ont jamais rien eu de très-appreciable. Elles ne pourraient donc servir à une démonstration tant soit peu sérieuse. Il est vrai que l'excentricité de l'orbite terrestre atteint de beaucoup plus fortes proportions que celle actuelle. Mais si l'on juge des effets qui peuvent se produire dans ces autres conditions par ceux dont nous venons de parler, on demeure convaincu qu'ils doivent, de toute façon, rester fort au-dessous de ce qu'exigerait l'explication attendue (1).

Il n'y a pas que cela à examiner. A chacune de nos grandes époques glaciaires, les mers, là où les froids ont eu le plus d'intensité, ont recouvert les terres dans des limites aujourd'hui parfaitement établies, et l'on regarde cet autre effet comme étant dû également à l'excentricité de l'orbite de notre planète, en ce sens que l'accumulation des glaces sur l'un ou l'autre des pôles, pendant les périodes hibernales d'éloignement, y déterminerait une élévation du niveau des mers, élévation qui, pour les uns (2), résulterait du déplacement du

(1) Les limites de l'excentricité de l'orbite de la Terre ont été déterminées par Lagrange, à la fin du siècle dernier, et par M. Le Verrier en 1839. Le minimum est égal à 0,0033, le maximum à 0,077. L'excentricité décroît depuis 13,000 ans, et elle décroîtra encore pendant près de 24,000 ans pour arriver à son minimum, après quoi elle reprendra une marche contraire jusque vers l'an 70,000. Selon des calculs empruntés à MM. James Croll et Stone, et établis d'après les méthodes de M. Le Verrier, il faudrait remonter jusqu'à 850,000 ans en arrière pour retrouver le maximum. — Voir l'*Appendice*.

On a souvent parlé du climat des Gaules au temps de Jules César; mais, à la même époque, les Romains ne vivaient guère qu'en plein air, quittant à peine le forum. Le leur n'aurait donc en rien ressemblé au nôtre. N'est-il pas évident, d'après ce seul fait, que les rigueurs de notre température n'auraient nullement été dues à la cause à laquelle on les a trop souvent attribuées. L'Italie, dans le cas contraire, n'aurait pu qu'en ressentir elle-même les effets.

(2) Adhémar, Julien.

centre de gravité de la Terre, et qui, pour d'autres (1), serait la conséquence de l'attraction qu'exerceraient les glaces polaires sur les parties fluides plus ou moins avoisinantes. On vient de voir que la cause dont il s'agit n'a et ne peut avoir qu'une influence limitée sur les températures du globe. Il est d'autant plus difficile d'y rattacher les grandes formations de glaces en question. Mais, en fut-il autrement, que les déplacements invoqués n'en resteraient pas moins dépourvus de justifications acceptables (2). Si les immersions glaciaires avaient réellement une telle origine, ne se seraient-elles pas, d'ailleurs, étendues d'une manière uniforme autour de leur point central? Et l'on sait que ce n'est nullement de la sorte qu'elles se sont produites, du moins du côté de notre hémisphère. La ligne des grands froids arctiques et des submersions glaciaires, qui s'est abaissée, aux Etats-Unis, jusqu'au 38° degré de latitude, s'est, en effet, arrêtée au 46° dans la Nouvelle-Géorgie, sur les côtes de l'Océan Pacifique, et, alors qu'en Angleterre, on ne la rencontre pas au-dessous du 52° degré, en Russie, elle serait remontée jusque vers le 65° (3). On se trouve donc là, toujours, en présence des mêmes difficultés. D'autres faits ne sont pas mieux expliqués, notamment ceux se rattachant à la durée des périodes. La plupart des terrains n'accusent-ils pas, par leur puissance, la continuité de leur formation, et leurs caractères climatériques, des laps de temps qui ne cadrent en rien avec ceux de la précession? Ainsi, à quelque point de vue qu'on se place, on ne peut, en quoi que ce soit, rattacher les phénomènes étudiés au seul balancement dont il s'agit. Une autre cause a donc dû intervenir.

Au lieu d'osciller uniquement *avec* son axe, comme on l'a dit, supposons que la Terre oscille en outre *sur* son axe. Tout, par cela seul, se coordonne et s'harmonise. Le mouve-

(1) James Croll.

(2) Delesse et de Lapparent.

(3) Ch. Lyell, Darwin, Murchison, de Verneuil et Keyserling.

ment de la précession suit son cours, continuant à substituer l'hiver à l'été et l'été à l'hiver; mais le second, beaucoup plus lent, en s'y ajoutant, allonge ou raccourcit ces saisons qui acquièrent par là, l'une et l'autre, un caractère infiniment plus tranché. Les pôles cessent d'être immobiles par rapport au globe tout en restant variables par rapport au Soleil, et le balancement de la Terre sur son centre se double du passage, par le point qu'ils occupent, des contrées situées sur le cercle particulier de leurs parcours, point sous lequel elles viennent peu à peu et tour à tour se poser. Il s'agit là, nous le savons, d'une conception qui, tout d'abord, pourrait paraître hasardée. Elle n'a rien néanmoins qui ne soit en accord avec les observations de l'astronomie, et, sous le rapport géologique, les constatations sont telles que la réalité s'en trouve matériellement et absolument démontrée.

Avant tout, un mot sur le mouvement en lui-même. Est-il ou non conforme aux lois de la dynamique?

L'axe de rotation d'un corps solide ne peut être considéré que comme fixe, et il reste tel même alors que ce corps est sollicité par des influences extérieures. C'est un principe sur lequel M. Serret n'a laissé aucun doute (1). Mais il n'est nullement démontré qu'il en soit ainsi de l'axe de rotation d'un corps à l'état plus ou moins fluide, et la possibilité de son déplacement, dans ce cas, résulte même des calculs du savant que nous venons de citer. Pour que notre balancement ne pût avoir lieu, il faudrait donc que le globe fût arrivé à une complète solidification. Nous montrerons plus loin que la Terre n'a toujours rien de la rigidité que comporterait un semblable état, et, dès lors, il y a à en conclure que son axe est bien réellement mobile. Nous dirons plus; c'est que, dans les conditions où se trouve notre sphéroïde, et en raison des attractions auxquelles il obéit, le balancement doit même forcément et inévitablement se produire. En définitive, et pour bien nous fixer sur ce point,

(1) *Annales de l'Observatoire*, tome V.

le mouvement indiqué ne serait que la conséquence de celui de la précession ; mais ce dernier ne créerait pas autrement les grands effets qui lui ont été attribués. Il ne ferait qu'y ajouter ou y retrancher plus ou moins selon les circonstances, et c'est à l'autre seul qu'ils seraient exclusivement et directement dus. Cela établi, nous entrerons dans notre exposé en précisant le cercle de nos parcours polaires (1).

Ne considérons les choses, ici, que relativement à notre pôle, la même marche devant nécessairement, dans l'hypothèse posée, se répéter du côté de l'autre exactement de la même manière, si ce n'est, bien entendu, qu'alors que nous en éprouvons les effets chez nous, c'est la Nouvelle-Zélande, par exemple, ou à peu près, qui les a chez elle. Le point qu'il occupe ne peut être central. Il n'est donc qu'un de ceux de la circonférence de son cercle. Si nous cherchons géologiquement de quel côté le cercle s'accuse, nous trouvons que ce ne peut être que du côté de l'Amérique. Nous avons vu que les empreintes de l'action glaciaire des mers ont été relevées, aux États-Unis, jusqu'au 38° degré de latitude, et que, de notre côté, aux confins de la Russie d'Europe, elles n'ont pas franchi le 65° parallèle. L'indication est là toute positive? Maintenant, à l'époque de nos grands froids, toujours en nous plaçant dans la même supposition, nous avons dû nous trouver sur notre point le plus rapproché du pôle, et ce point, à en juger par l'état glaciaire, n'a pu être autre que celui occupé aujourd'hui par l'Islande. La partie de la terre d'Egède qui est en face, au Groënland, devait, elle, se trouver sous le pôle même. Le pôle actuel constituant un des points du parcours de notre cercle, la terre d'Egède en constitue naturellement un autre. Pour arriver à son centre, il nous suffit donc de nous écarter du côté de l'Amérique, et la limite des immersions glaciaires nous indique qu'il s'y

(1) Le mouvement indiqué déplace les nuits et les jours, ce que ne fait pas celui de la précession ; mais il n'y a pas ici à s'arrêter à ce point qui trouvera plus loin sa place. Depuis les temps glaciaires, les jours, avec nos approximations, se seraient attardés de près de cinq heures et demie.

trouve à la distance de 15° (1). Cela fait, le surplus va de soi. D'après les délimitations du compas, les principaux points par lesquels passerait le cercle, indépendamment de la terre d'Egède et de celui actuel, seraient l'île Baring ou Bank, la baie de Richardson, la rade de Chesterfield, la baie d'Hudson et la pointe septentrionale du Labrador. Ce sont donc ces points qui occuperaient successivement le pôle, et le mouvement de translation s'effectuerait dans l'ordre même de nos indications, la phase glaciaire étant la dernière par laquelle nous avons passé. La position de notre pôle, au moment de nos grands froids, se serait trouvée exactement sous le 70° degré de latitude et le 332° de longitude, et, sa place, au moment de nos grandes chaleurs, eut été directement à l'opposé, soit sous le 68° degré de latitude et le 244° de longitude.

Avec le mouvement résultant du seul déplacement de la projection de l'axe de la Terre sur l'écliptique, on n'a, nous l'avons dit, que des renversements de saisons, et ces substitutions ne peuvent, en fait, même avec les autres influences cosmiques, amener les grandes variations de température dont nous nous occupons. Avec le second balancement, nous avons non-seulement les grandes chaleurs et les grands froids qui résultent, pour nos régions, de leur plus ou moins de rapprochement ou d'éloignement du pôle, nous avons en outre les longues périodes que révèlent l'un et l'autre de ces états. On a calculé que le mouvement de la précession s'effectue en 25,868 ans (2). Notre évolution polaire serait infiniment plus lente et il y a à prévoir, comme nous le montrerons, que sa durée ne serait vraisemblablement pas inférieure à 12,000 siècles. C'est donc dans ces longs intervalles de temps que se renouvelleraient les grandes chaleurs et les grands froids, et les grands froids ne succéderaient aux grandes chaleurs, comme celles-ci à ceux-là, que tous les 600,000 ans environ.

(1) Sous le 75° degré de latitude et le 286° de longitude. Voir la carte.

(2) D'Alembert, Laplace, etc. Il y aura, pour nous, à revenir sur ce chiffre.

Ainsi, en se basant sur le parcours effectué par notre pôle de la terre d'Égède à sa position actuelle, et en adoptant le terme indiqué, la dernière période glaciaire aurait eu, pour nous, sa plus grande intensité il y a quelque chose comme 273,000 ans. En ce qui concerne nos grandes chaleurs, nous les aurions éprouvées, la dernière fois, il y a 873,000 ans, et elles nous reviendraient dans 327,000 ans, parce que la baie de Richardson serait retournée au pôle, que nous nous retrouverions abaissés sur l'équateur de la totalité du diamètre de notre cercle, et que notre position, après avoir été celle de l'Islande, serait redevenue celle qu'a aujourd'hui le sud de l'Algérie. Il va sans dire que ce n'est que très-insensiblement que nous passerions d'un excès à l'autre et que les dates offertes ne constituent que les points culminants des périodes auxquelles elles se rapportent. Nous ferons en outre observer que nous n'entendons pas donner à nos supputations une certitude que l'état actuel de la science ne saurait porter, et que nous ne présentons et ne voulons présenter ici que de simples évaluations; mais, à supposer que nos chiffres s'écartent en quelque chose de la vérité, les situations n'en resteraient pas moins les mêmes. Les périodes pourraient avoir un peu plus ou un peu moins de durée. Ce serait tout. Ajoutons que, tout en se répétant et en s'y superposant dans des sens plus ou moins différents, les effets des autres actions, y compris ceux résultant du déplacement de la ligne absidiale de l'orbite de la Terre et des variations de l'obliquité de l'écliptique, ne changeraient rien non plus à l'ensemble du mouvement principal, les accroissements ou les atténuations de chaleur ou de froid en provenant, ne pouvant, de ces autres côtés, que demeurer également tout à fait secondaires (1).

(1) Les variations de l'obliquité du plan de l'écliptique iraient, selon Lagrange, jusqu'à 7°, de 21 à 28. Il y a diminution dans l'obliquité depuis la plus haute antiquité. Un minimum a dû se présenter il y a 16,300 ans. On suppose que, par suite des variations de l'obliquité de l'écliptique, les températures moyennes, pour les régions polaires, pourraient s'abaisser ou s'aug-

Pour déterminer la trajectoire du pôle, nous nous sommes basé, on l'a vu, sur les immersions glaciaires. Nous avons tenu compte, dans ce but, de l'équivalent du rayon du cercle polaire. Nous nous sommes donc placé à 23° en dedans de leurs limites, et ces limites ne nous ont pas fourni que des à peu près; nous les avons retrouvées partout à des distances véritablement égales (1). Si l'on admet que la terre d'Egède, au Groënland, aille occuper le pôle, on a le cercle polaire qui descend jusqu'à la Manche. Les submersions, dans les Iles Britanniques, se sont étendues jusqu'à une ligne qui correspond au canal de Bristol et à l'embouchure de la Tamise (2). C'est bien, à très-peu de chose près, jusqu'à la limite même du cercle. La baie d'Hudson étant transportée au pôle, le cercle polaire s'abaisse, aux Etats-Unis, jusque près de Washington et de Saint-Louis. C'est également jusqu'à une ligne correspondante que la trace des mers glaciaires a été relevée de ce côté (3). On l'a relevée, on le sait, sur les rivages du Pacifique, jusqu'au 46° degré (4), et ce point est lui-même à une distance semblable de l'intervalle qui sépare la baie de Richardson de la rade de Chesterfield et par lequel passerait le pôle. Dans son trajet le long de la côte orientale du Groënland, la zone polaire serait parvenue jusqu'à Saint-Pétersbourg. Les immersions glaciaires, en Russie, sont précisément encore allées jusque-là (5). Enfin, il y a eu les immersions de la Scandinavie, du Danemark, de la Prusse, et celles-là toujours ont eu

menter de 4°. Quant au tour que l'orbite terrestre fait sur elle-même, il s'effectuerait en 108,000 ans, et ce mouvement, qui s'exécute à l'inverse de celui de la précession, ne fait, en réalité, que hâter les effets de ce dernier.

(1) Les immersions glaciaires s'étendent à la distance de 38° du point central des parcours du pôle. C'est en défalquant de ce chiffre les 23° qui constituent le rayon de la zone polaire qu'on trouve les 15° que nous avons attribués à celui du cercle des parcours.

(2) Ch. Lyell.

(3) Ch. Lyell.

(4) Darwin.

(5) Murchison, De Verneuil, Keyserling.

lieu dans de pareilles limites (1). On conviendra qu'il serait difficile de trouver des points de repère plus concordants. Mais si les rapports qui les relient donnent à notre hypothèse un caractère déjà évident de probabilité, il en est d'autres qui montrent d'une manière bien plus certaine encore l'action polaire elle-même.

Partout où les constatations ont pu être faites avec la précision désirable, on a reconnu qu'après s'être plus ou moins exondées, les terres, dans les régions citées, s'étaient immergées pour se découvrir de nouveau, et que ces états s'étaient présentés consécutivement et toujours dans le même ordre (2). Que doit-il se passer dans les situations exposées? A mesure que les régions arrivent sous le pôle ou dans son voisinage immédiat, elles en subissent forcément l'aplatissement. La compression ne doit se manifester tout d'abord qu'à l'égard des eaux qui, étant plus mobiles que les terres, obéissent naturellement beaucoup plus vite aux forces agissantes. Dans ce cas, les terres se découvrent davantage, et ce n'est qu'après un temps plus ou moins long que, s'abaissant à leur tour, elles viennent reprendre leur niveau relatif. Au contraire, quand elles sortent de ce milieu, comme elles sont toujours en retard sur les eaux qui, cette fois encore, les devancent, celles-ci, en se relevant, ne peuvent que les recouvrir, et elles le font naturellement aussi à des hauteurs en rapport avec leurs inflexions. C'est donc alors que les submersions ont lieu et les dénivellations ne cessent, là non plus, que quand les mers et le sol ont définitivement repris leurs positions respectives. L'accord, on peut en juger, se complète en cela jusque dans les détails. Des faits de ce genre nous sont même contemporains. La Suède a un mouvement marqué d'exhaussement sur

(1) Brongniart, Desor, Eug. Robert, Daubrée, Chambers, Sexe, Vogt, etc. En Prusse, les immersions sont allées un peu au delà de nos cercles; mais ces légères différences, qui peuvent être dues à des causes locales, ne détruisent en rien la régularité de nos grandes lignes, pas plus que l'exception qui se rattache au sud de l'Angleterre. La Hollande a eu aussi sa part d'immersion.

(2) Ch. Lyell, Murchison, Ch. Martins, etc.

le golfe de Bothnie (1). Elle se remettrait de plus en plus de l'étreinte polaire. Le Groënland s'abaisse (2). Là ce seraient simplement les eaux qui montreraient leur avance sur les terres. Mais c'est en Russie que la concordance apparaît avec le plus de netteté à cet égard. De Kœnigsberg à Archangel la démarcation des immersions se manifeste par une ligne courbe, et cette ligne n'a nullement son centre au pôle actuel. Elle l'a à l'endroit même où le pôle se serait trouvé lors de ces submersions, soit du 72° au 74° degrés de latitude, un peu avant du méridien de l'île de Fer.

On ne pourrait rattacher à une autre cause ces abaissements et, par suite, ces relèvements polaires. Il serait par trop extraordinaire qu'ils se fussent toujours, en tout et partout, produits dans les conditions signalées. Ils nous fournissent un autre enseignement; c'est que la Terre, à part son écorce plus ou moins épaisse, est bien toujours à l'état fluide ou pâteux, et nous avons là le fait sur lequel nous nous sommes appuyé pour établir la possibilité de notre mouvement. Mais si les pôles se déplacent, l'équateur doit forcément et par la même raison se déplacer à son tour. Arrivons à ce point.

Le renflement équatorial ne peut être considéré que comme étant l'équivalent des aplatissements polaires. Réparti sur une plus grande surface, il ne peut dès lors s'y marquer que dans une moindre mesure. Si ses déplacements ne peuvent être suivis avec la même précision, ils ne sont pas moins apparents. Le Sahara, l'Égypte, l'Arabie, la Perse, le désert de Gobi auraient été occupés par la zone de l'équateur, les premières de ces régions à l'époque de nos grandes chaleurs, les autres ultérieurement. L'exondation du Sahara est relativement récente (3), et, sans parler des vieilles traditions orien-

(1) Linné, Celsius, Académie de Stockholm.

(2) Ch. Lyell. Le mouvement du Groënland se produit justement en deçà et à partir du 70° degré de latitude, c'est-à-dire, sous et dans le voisinage immédiat du cercle polaire.

(3) Ritter, Escher, Von der Linth. Sir Ch. Lyell la rapporte au commencement de l'époque post-pliocène. Peut-être y aurait-il là, de sa part, une légère erreur.

tales qui relatent les retraits de la mer, n'y a-t-il pas les lacs salés de l'Afrique et de l'Asie qui attestent que le niveau de l'Océan et même celui de la Méditerranée, ont été, pour ces contrées, à une époque relativement peu reculée, différents de ce qu'ils sont aujourd'hui. Les steppes et les sables de la Caspienne, ainsi que ceux de l'Aral, en témoignent plus particulièrement encore (1). S'il n'y a à rattacher les immersions glaciaires ni à l'action des glaces du pôle, ni au déplacement du centre de gravité de la Terre, il est certain qu'on ne peut davantage avoir à leur attribuer celles-ci. Le va-et-vient des mers, dans les cas rappelés, ne peut être que général. Il est forcément localisé dans le nôtre, et, de même qu'aux pôles il ne peut franchir la limite des aplatissements, de même, à l'équateur, il reste forcément confiné dans les oscillations qui lui sont propres. N'est-ce pas aussi, exactement, dans ce dernier sens seul qu'il s'y est tracé? Il y a plus; le Sahara, la Perse, le désert de Gobi, pour ne revenir qu'à ces points principaux, constituent la limite extrême à laquelle l'équateur serait remonté; et justement ces régions correspondent, avec une entière précision, avec les déplacements polaires. Le centre du Sahara est à 90° de l'île Baring ou Bank; la même distance existe du centre de la Perse à la région qui sépare la baie de Richardson de la rade de Chesterfield, et l'on peut en dire à peu près autant du désert de Gobi relativement à la baie d'Hudson. La ligne assignée à l'équateur resterait donc bien toujours en parallèle avec le cercle des parcours polaires, ce qui rend ces parcours d'autant plus évidents (2).

A propos des mouvements polaires et à titre de justifica-

(1) MM. Murchison et de Verneuil supposent eux-mêmes que toute la partie de l'Asie qui entoure, à des distances plus ou moins considérables, les mers Caspienne, d'Azof et d'Aral a été occupée, dans des temps comparativement peu éloignés, par une vaste nappe intérieure d'eau saumâtre, aussi large et peut-être même plus large que la Méditerranée.

(2) Inutile de faire observer que les submersions équatoriales, à l'opposé de celles des pôles, seraient le premier et non le dernier effet des déplacements. De ce côté, la mer commence par monter alors que, de l'autre, elle commence par descendre. Signalons la position de la Sibérie par rapport à

tions présentes, nous avons rappelé ceux de la Suède et du Groënland. Nous aurions pu nous appuyer également sur la situation de la partie la plus septentrionale de l'Amérique, comprise dans le cercle polaire et que les eaux recouvrent si largement. En ce qui touche aux effets équatoriaux, nous avons de même, en outre de ce que nous venons de dire des choses passées, à invoquer l'état actuel du globe. Entre l'Australie et le grand continent asiatique, il existe un long espace occupé par des îles nombreuses et rapprochées, et justement ces îles se trouvent disséminées, soit sous l'équateur même, soit dans la zone qui lui appartient. Ne peut-on pas penser que ce sont là les restes les plus élevés d'un monde qui n'a pas toujours été submergé, et qu'un jour viendra où il ura de nouveau cessé de l'être (1)?

Appesantissons-nous sur quelques points.

Notre mouvement aurait embrassé toute l'époque tertiaire, croissant en chaleur d'abord, pour arriver ensuite à la période glaciaire qui l'a close, et, sans nous arrêter ici aux faits astronomiques, qui viendront plus loin, nous pouvons aisément nous faire une idée de ce qu'a pu être sa durée par le seul examen des dépôts de cet âge. Les terrains de l'éocène constituent, en masses énormes, la plus grande partie des Alpes du Dauphiné, et on les retrouve dans le bassin de Paris, en couches, souvent aussi, assez considérables. Ceux du miocène recouvrent de grandes portions de notre Sud-Ouest, et le bassin de la Gironde les montre avec une puissance également très-marquée. Le pliocène occupe de larges espaces en Italie, et ses couches supérieures, soulevées en Sicile, s'y sont amassées au point d'y atteindre une épaisseur de plus de 600

l'équateur au moment du passage de la baie d'Hudson par le pôle. Sa partie centrale descendrait jusque sous le 30^e degré de latitude. On s'expliquerait aisément par là la multiplication du mammouth dans cette région où les froids seraient venus plus tard l'atteindre.

(1) L'identité des plantes et des animaux existant dans ces îles confirme notre supposition qu'elles ont dû autrefois être réunies, ce qu'admettent, du reste, la plupart des naturalistes.

mètres (1). Est-ce dans une suite plus ou moins écourtée de siècles que de pareils dépôts auraient pu se former, et ceux de la Sicile, les plus rapprochés de nous, en grande partie déjà cimentés et durcis à l'égal du marbre, ne montrent-ils pas, en particulier, combien ont été longues les périodes auxquelles ils sont dus ?

Il n'est pas échappé, relativement aux immersions glaciaires, que nous en aurions été tout à fait affranchis. Il ne pouvait en être autrement, puisque nous serions complètement restés en dehors des atteintes polaires, même au moment de nos froids les plus rigoureux. On ne trouve en France, quoi qu'on en ait dit, absolument aucune trace de ces retours de la mer auxdites époques, et l'on n'en rencontre pas davantage dans les parties de l'Allemagne, de la Pologne et de la Russie, restées, comme nous, en dehors des limites polaires (2). Mais ce que les mers arctiques n'ont pas fait, il est hors de doute que les mers équatoriales l'ont accompli et répété. Nos couches tertiaires en fournissent surabondamment la preuve.

Autre chose. Les restes organiques découverts dans les alluvions glaciaires, partout où il en a été trouvé, appartiennent, pour le plus grand nombre, à des espèces qui vivent encore aujourd'hui dans les mers arctiques, et c'est à des hauteurs correspondantes d'une moyenne de 180 à 200 mètres que les immersions glaciaires ont eu lieu en Amérique comme en Europe (3). En aurait-il été ainsi s'il n'y avait pas eu, d'un côté comme de l'autre, intervention de la même cause? Ces

(1) Philipp, Ch. Lyell.

(2) Ch. Lyell, Murchison, de Verneuil, etc. En France, on n'a jamais, que nous sachions, trouvé de coquilles marines dans les transports glaciaires. Le diluvium de la Seine n'en offre point. Il n'en existe point dans le *loess* du Rhin, et s'il s'en est montré dans la vallée de la Somme, ce n'a été, comme le rapporte Sir Ch. Lyell, que près de la mer et à quelques décimètres seulement au-dessus de son niveau actuel. Il importe de ne laisser aucun doute sur ce point.

(3) Elles ont atteint 425 mètres dans le pays de Galles, selon Ramsay, et, sur quelques autres points, elles auraient même eu encore plus d'élévation; mais il s'agit là de faits exceptionnels évidemment dus, comme une partie des immersions de la Prusse, à des mouvements particuliers du sol.

immersions, ou plutôt les relèvements qui les ont suivies, nous fournissent un autre argument, en ce qu'ils viennent, aussi bien que les formations minérales que nous avons relatées, témoigner de l'extrême lenteur de notre mouvement. L'exhaussement actuel de la Suède ne se produit qu'à raison d'un mètre par siècle. Si nous admettons que celui des autres contrées submergées s'est accompli dans la même mesure de temps, il nous faut compter pour cela seul sur une moyenne de 18 à 20,000 ans. Or, en ajoutant à ce chiffre la durée de l'affaissement, qu'on peut supposer égale, on arrive à un total double, soit de 36 à 40,000 ans, et avec le repos intermédiaire qui ne peut être que beaucoup plus long encore, on voit où va le résultat.

Enfin, les glaces flottantes, transportées par les mers polaires, ont laissé sur beaucoup de points des traces de leur passage. Ce sont des stries dont l'origine ne fait plus de doute pour personne. En Amérique, où elles ont été plus particulièrement étudiées qu'ailleurs, ces stries ont des directions différentes selon les lieux. Sur les bords des lacs Michigan et Supérieur, elles sont orientées du Nord-Est au Sud-Ouest. Elles le sont exactement du Nord au Sud dans le voisinage des chutes du Niagara. Dans la Nouvelle-Angleterre et le bas-Canada, elles courent du Nord-Ouest au Sud-Est (1). N'y a-t-il pas à en induire que les glaces, descendant toujours du centre polaire, n'ont fait que suivre des directions en rapport avec ce centre, et que les directions ne se sont modifiées que parce que le pôle lui-même changeait de position? La dissémination, jusqu'en Poméranie, des débris de roches que les glaces y ont apportés et qui proviennent des montagnes de la Suède, peut et doit être interprétée dans le même sens. La marche suivie correspondrait même complètement ici avec la place que le pôle aurait occupée à l'époque de la submersion de la contrée (2).

(1) Desor, Redfield, Ch. Lyell, Murchison, Agassiz, etc.

(2) En raison de la rotation de la Terre, les glaces ne descendraient pas

Comme on le voit, autant de faits, autant d'éléments de démonstration. Mais il y a aussi à rechercher dans quel sens ont pu se marquer les époques torrides, et si les mêmes liaisons se retrouvent sous ce rapport. C'est ce que nous allons faire.

Les lignites de l'Islande, selon MM. Heer et Steenstrup, sont composés de tulipiers, de platanes, de noyers, d'une vigne et d'une espèce de cyprès, *le sequoia sempervirens*. Dans les grès qui accompagnent les houilles au Spitzberg, le premier de ces naturalistes a reconnu des hêtres, des aulnes, des noisetiers, des peupliers, et des découvertes du même genre ont été faites au Groënland. Les végétaux désignés appartiennent beaucoup plus aux climats tempérés qu'aux climats froids, et *le sequoia sempervirens* vivrait même aujourd'hui en Californie. Par l'effet de nos balancements polaires, la partie Sud-Est du Groënland, qui se trouve maintenant sous le 70° degré de latitude, descendrait jusqu'au 60°, le Spitzberg irait jusqu'au 54°, et l'Islande jusqu'au 52°. Pour le Groënland, c'est presque la situation actuelle du nord de l'Écosse. Pour le Spitzberg, c'est celle du Schleswig-Holstein, et pour l'Islande, celle de l'Angleterre. Dans les environs d'Aix, en Provence, M. de Saporta a trouvé des empreintes de feuilles de palmier, de bananier, de dragonnier, de tuya, de cannellier. C'est la flore des tropiques. Le midi de la France atteindrait jusqu'au 30° degré. Ces indications, auxquelles s'ajoute la faune de nos cavernes méditerranéennes où l'on a découvert des restes de lion, de panthère, de lynx, de chacal, ne contrastent certainement en rien avec les autres. Ce n'est pas tout. Les couches subapennines du vieux pliocène italien à Montajone, Asti, Parmes, Sienne, etc., contiennent un grand nombre de coquilles fossiles des mers tropicales, ainsi que des plantes des Canaries, et les empreintes d'une flore analogue existent dans les terrains correspondants

tout à fait suivant les méridiens. Elles inclineraient vers l'Ouest. Il y aurait d'autant plus, tout en tenant compte des courants, à attribuer aux déplacements des pôles les stries et les transports marqués dans des sens différents.

du bassin du Rhône (1). Quelques-uns des testacés, dont les faluns de la Touraine, du miocène supérieur, présentent les restes, appartiennent à des types aujourd'hui caractéristiques des mers équatoriales (2). Les végétaux dont les débris se rencontrent dans les lignites du Devonshire, du miocène inférieur, de même que ceux des dépôts du même ordre existant en Suisse et en Allemagne ont maintenant leurs représentants dans la Floride et la Caroline du Sud (3). Le même miocène de la Croatie offre des traces de palmiers et de dattiers (4). Non-seulement ces dernières constatations, auxquelles nous pourrions en joindre beaucoup d'autres, viennent encore ajouter à l'harmonie des précédentes, elles démontrent de plus que les faits qui y ont donné lieu ne peuvent réellement s'expliquer que dans le sens que nous indiquons. Si les longues et extrêmes chaleurs qu'ils révèlent avaient pu exister pour nous sans que le globe se fût déplacé de sa position actuelle par rapport à son axe, quelles n'auraient pas été celles des contrées équatoriales! Ces contrées, sans aucune espèce de doute, n'auraient pu que se trouver dans une quasi incandescence. On ne peut d'ailleurs comprendre la plénitude de ces états, et en particulier de celui des faluns de la Touraine, dont la faune est si tranchée, qu'avec le concours des autres influences dont nous avons fait mention, et elles s'accuseraient même ici d'une manière tout à fait évidente.

Nous venons de parler des chaleurs exceptionnelles qu'annoncent les faluns de la Touraine. 460,000 ans avant l'époque glaciaire, l'orbite de la Terre, d'après les calculs de MM. Stone et James Croll, aurait présenté une forte excentricité. Peut-être serait-ce alors que l'effet se serait produit. Des indices de refroidissement ont été relevés au sein des couches

(1) Gaudin et Strozzi; de Saporta et Marion.

(2) Ch. Lyell.

(3) Ch. Lyell, Heer.

(4) Von Buch, Unger.

moyennes du miocène, dans le bassin du Rhône, par MM. de Saporta et Marion, à la Superga, en Piémont, par M. Gastaldi, et dans les conglomérats du Righi par M. Dolfuss-Ausset. D'autres l'ont été dans les formations éocènes des Alpes, et il en a été signalé aux environs de Paris comme se rapportant à la période pliocène. Des excentricités prononcées se seraient également produites à des époques correspondantes; seulement, celles-là seraient survenues dans des conditions différentes de précession (1). Une remarque des plus significatives à faire encore à cet égard. Deux périodes glaciaires se seraient, en dernier lieu, succédé à peu d'intervalle: la première marquée par les immersions qu'on connaît, la seconde caractérisée par une grande extension des glaciers terrestres. Il n'y en aurait eu, en réalité, qu'une seule: la première, très-accentuée par suite d'un retour simultané de forte excentricité, et il s'y serait simplement ajouté, plus tard, un nouvel effet de même nature, lequel se serait lui-même d'autant plus prononcé pour nous que nous nous serions trouvés plus rapprochés de l'autre action. La dernière phase remonterait à 100,000 ans (2).

Il n'est point de faits qui ne nous apportent leur contingent d'affirmations. Comme nous l'avons dit, la Nouvelle-Zélande se trouverait, relativement au pôle austral, dans une situation à peu près semblable à la nôtre, eu égard au pôle arctique. On a reconnu que les glaciers y avaient eu autrefois, comme chez nous, un très-grand développement. Un fait de même nature a été constaté dans la partie Sud-Est de l'Australie. La nouvelle Galles qui l'occupe se serait, de son côté, rapprochée du pôle à la simple distance de 25°. A la Nouvelle-Zélande, on n'a pas découvert que des transports glaciaires. Tout récemment on a pu s'y convaincre de l'existence d'un

(1) Il y a accroissement de chaleur ou de froid, dans ces cas, selon que l'hiver ou l'été se présentent en aphélie ou en périhélie, et ces situations ne dépendent que de la précession combinée avec le mouvement de la ligne des absides.

(2) Voir, à l'Appendice, les indications du tableau.

terrain se rapportant à notre miocène (1). Les périodes de chaleur s'y retrouveraient donc aussi exactement que celles de froid. Quelque couvert qu'il soit par les glaces, le Groënland méridional l'aurait été beaucoup plus complètement encore (2). Cela ne doit-il pas être, puisque cette région serait allée occuper le pôle même. Chez nous, comme dans toutes les régions ayant une position analogue, les formations marines n'accusent guère que des époques de chaleur. Celles de froid ne s'y sont marquées que par des amas de peu d'importance avec erratiques ou que par les restes toujours rares d'une faune et d'une végétation purement terrestres. Les mers équatoriales étant seules venues recouvrir les parties de notre sol restées basses, on comprend que, seules aussi, elles aient pu y constituer les terrains qui s'y sont superposés. Ce qu'il faut aussi faire remarquer, c'est, d'une part, que l'état glaciaire proprement dit n'aurait chez nous qu'une durée relativement courte, au plus 180,000 ans, tandis que nos grandes chaleurs, plus ou moins modifiées par les alternatives de la précession et des autres mouvements, embrasseraient, elles, une longue suite de siècles, allant au moins jusqu'à 500,000 ans, de la température de la Corse à celle de la Barbarie; c'est, d'autre part, que le retrait des mers équatoriales se révèle partout exactement dans l'ordre de notre mouvement, les dernières régions délaissées par les eaux étant bien celles qui devaient être marquées par leurs dernières étapes. Enfin, et bien qu'on sache déjà à quoi s'en tenir à cet égard, notre balancement s'accomplirait de l'Est à l'Ouest, à l'opposé de la rotation terrestre, conséquemment dans le même sens que celui de la précession avec lequel, à notre époque, il se confondrait en grande partie (3).

(1) M. Filhol. — Fait non moins particulier, on rencontre en Australie, d'après le docteur Hooker, et à la Nouvelle-Zélande, d'après le professeur Lana, de nombreuses plantes européennes qui ne se trouvent nulle part dans les régions torrides intermédiaires.

(2) Docteur Torell.

(3) Pour expliquer la succession des couches dans le bassin de la Gironde,

Un pareil ensemble de concordances, de quelque manière qu'on l'envisage, ne saurait être l'œuvre du hasard, et il est d'autant plus frappant, qu'alors qu'il s'étend sans exceptions à tous les points de notre exposé, l'accord manque absolument dès qu'on entre dans une autre voie (1). Mais il ne suffit pas que notre hypothèse se trouve justifiée même si complètement sous le rapport géologique, il faut voir si elle peut, en même temps, s'expliquer au point de vue de l'astronomie. Nous arrivons par là à la dernière partie de notre problème.

Le mouvement circulaire déterminé par le déplacement des

couches qui vont de la fin de l'éocène au commencement du pliocène, sir Ch. Lyell dit qu'il faut nécessairement admettre plusieurs oscillations de niveau. La même surface, selon lui, doit avoir été alternativement convertie en mer, en terre ferme, en lagune à eau saumâtre, et finalement en lacs ou étangs. Il n'y a rien là de contraire à notre mouvement. Les déplacements du renflement équatorial et des aplatissements polaires nous rendent compte, en outre, de la plupart des grandes perturbations qui ont affecté le sol, lesquelles ne seraient pas seulement la conséquence du refroidissement et des contractions du globe, mais auraient aussi leur origine dans nos grandes oscillations périodiques.

(1) Le Liban, les Carpathes, le Caucase, les Andes ont eu des glaciers. Agassiz a même cru trouver des traces de formations du même genre aux environs de Rio de Janeiro, et l'on a souvent cité ces faits comme inexplicables à quelque point de vue qu'on se place. L'Himalaya, qui descend au-dessous de 30° de latitude, n'en possède-t-il pas aujourd'hui? Il y a surtout là une question d'altitude. Les points signalés auraient eu autrefois, tout simplement, une élévation plus considérable que celle actuelle. Il ne faut pas oublier d'ailleurs que les Alpes ont de nos jours des glaciers qui se montrent même au-dessous du 45° degré, ce qui est à peu près la position du Caucase, et ce qui est même moins que celle des Carpathes. Ne perdons pas de vue, non plus, qu'avec nos balancements, le Liban remonterait jusqu'au 42° degré, le Caucase jusqu'au delà du 48°, et que les Carpathes dépasseraient même le 55°. Les glaciers, dans ces conditions, et la précession aidant, se comprennent d'autant plus aisément. Pour ce qui est de ceux de Tijuca, près de Rio de Janeiro, nous nous permettrons de douter de leur réalité, malgré l'autorité qui s'attache au nom du savant qui les a signalés. Les roches striées et polies font complètement défaut dans la région, et ce n'est pas la désagrégation seule de la surface du sol, telle qu'elle y existe, qui suffit, même avec certains déplacements de blocs, pour donner quelque certitude à ce sujet. Cet état serait surtout le résultat de l'ancienne action des eaux qui décomposeraient encore aujourd'hui les couches granitiques qu'elles recouvrent, à ce point que celles de la baie, selon MM. Guignet et Talles, se trouveraient chargées de fortes proportions d'alumine et de silice. Les cyclones auraient fait le reste.

pôles, tel que nous l'avons exposé, s'accomplirait à raison de $1' 48''$ par siècle, et, à notre époque, pour nous, par suite de notre position, il se traduirait en un abaissement de $28''$ vers l'équateur. Cette double marche se révèle-t-elle dans les observations?

S'effectuant, de nos jours, de la même manière que celui de la précession, auquel il ajoute ses effets, notre balancement ne peut se marquer que comme lui dans les situations du ciel. On ne saurait donc l'y distinguer dans son ensemble. Mais il a d'autres conséquences : d'une part, il doit retarder le retour des révolutions quotidiennes du globe; d'autre part, il doit modifier en fait les hauteurs stellaires, ce que la précession ne fait que relativement, c'est-à-dire avancer ou reculer les latitudes, selon les temps et les lieux. Voyons ce qu'il en est.

Le ralentissement apparent de la rotation terrestre est hors de doute. Il ressort d'anciennes observations d'éclipses et a été mis en évidence par M. Delaunay. Une partie de l'écart existant a, toutefois, été rattachée à la Lune dont le moyen mouvement, à l'opposé de celui de la Terre, tendrait à s'accélérer (1). Les parts respectives de la Lune et de la Terre dans le double effet indiqué n'ont pu encore être établies, et l'ensemble a été évalué à $22''$ de temps par siècle. Le retard résultant de notre mouvement serait de $7''2$. Il n'absorberait ainsi que le tiers du total, et en cela nous trouverions bien la confirmation de notre premier point. Les latitudes ne nous offriraient pas, pour le moment, le même secours. Pour pouvoir en tirer des inductions sûres, il faudrait posséder des déterminations rigoureuses, faites à des époques suffisamment éloignées, et c'est justement ce qui nous a manqué jusqu'ici; mais ce qui nous fait défaut dans ce sens a été obtenu par d'autres moyens. Nous voulons parler du résultat des recherches ayant pour objet le plus ou moins de fixité de l'axe de rotation de la Terre, et de ce côté nous avons de quoi y suppléer.

(1) Laplace, Newcomb.

Des investigations du genre de celles dont il s'agit ont eu lieu sur différents points et différents savants s'y sont livrés. Celles effectuées à Greenwich et à Washington offrent des caractères particuliers de certitude. A Greenwich, ainsi que le rapporte sir William Thomson, Maxwell a relevé, entre 1851 et 1854, une déviation de l'axe principal d'inertie d'une demi-seconde relativement à l'axe de rotation, et, selon le même savant, une moyenne de 0''03 a été constatée à Washington par le professeur Newcomb, de 1862 à 1867. Les déplacements sont donc réels. Seulement ils ne se manifesteraient pas dans la même mesure. Mais il n'en saurait être autrement en raison de la situation des lieux. L'abaissement vers l'équateur serait actuellement, pour nous, avons-nous dit, de 28'' par siècle, soit de 28/100 de seconde par an. Ce serait aussi, à très-peu de chose près, la proportion pour Greenwich; mais, à Washington, le rapprochement serait en quelque sorte nul. N'est-ce pas dans un sens tout à fait analogue que les variations apparaissent? Nous n'ignorons pas que ces déviations, qui se forment de vacillations presque continuelles et souvent diverses dans leurs directions, sont considérées comme étant dues à l'action des marées. Leur corrélation avec notre mouvement nous permet d'en revendiquer au moins une partie. Au reste, nous ne prétendons pas que la vitesse que nous avons assignée à nos déplacements polaires soit invariable. Elle pourrait se modifier plus ou moins, à certains moments, en raison des résistances que leur offrirait la croûte terrestre. Déterminé principalement par les influences solaires, le balancement pourrait très-bien aussi se ralentir ou s'accélérer, à certaines époques, par suite du plus ou moins d'excentricité de l'orbite parcourue par notre globe. S'il en était ainsi et qu'il y eût actuellement un ralentissement, il aurait sa raison d'être, puisque, de ce côté, nous touchons à un minimum.

Pour montrer la possibilité de notre balancement, nous ne nous sommes placé qu'au point de vue d'une plus ou moins grande fluidité de l'intérieur de la Terre. Sir William

Thomson, tout en admettant des effets de même nature, combat cette fluidité qui, pour lui, ne serait que très-partielle, et il prouve, par ses calculs, que si le noyau du globe était encore liquide, la précession ne s'effectuerait qu'avec une lenteur plus grande que celle qui lui est attribuée (1). L'argument ne nous serait pas absolument contraire, puisque c'est bien ce qui arrive avec notre mouvement. Si nous retranchons de la précession ce qui revient à notre balancement, nous trouvons, en effet, qu'elle ne s'accuse plus que par un déplacement annuel de $49''02$, et l'on arrive par là à une durée de 26,438 ans, au lieu de celle de 25,868 ans qui lui a été assignée. Ces chiffres dépassent, il est vrai, les approximations de sir William Thomson. Le fait n'en reste pas moins, et il a sa corroboration dans le retard apparent de la rotation de la Terre, qui ne ralentirait surtout son mouvement qu'en raison même du déplacement de son axe. La permanence de ce déplacement et son uniformité résultent en outre, non-seulement des effets glaciaires et torrides, tels que nous les avons vus, mais encore de la position actuelle du pôle par rapport à ses parcours antérieurs. Si la Terre n'était pas aussi complètement fluide qu'on l'a souvent supposé, elle ne serait donc pas non plus aussi complètement solide que le prétend sir William Thomson. Il y a, pour nous, un autre point à retenir parmi ceux établis par l'auteur de l'*Examen des conditions physiques de la Terre*. Selon lui, les pôles géographiques, subordonnés aux déformations du globe, auraient pu, dans les temps anciens, occuper des positions s'écartant de 10, 20, 30 et même 40° de celle actuelle. Les déplacements déterminés par nous seraient de 30° au maximum. En cela encore nous retrouvons chez lui quelque chose de nos bases.

En définitive, ainsi que nous l'avons tout d'abord avancé, nos oscillations polaires ne seraient pas seulement attestées

(1) *Examen des conditions physiques de la Terre*. Discours prononcé à Glasgow, au début de la dernière réunion de l'Association Britannique, traduit et publié dans le bulletin de l'Association scientifique de France, Nos 473 à 475.

par l'état géologique de la Terre, elles le seraient aussi par les constatations de l'astronomie, et si nous sommes en désaccord à cet égard avec sir William Thomson, ce n'est qu'en ce sens que les siennes ne seraient guère qu'accidentelles alors que les nôtres auraient et conserveraient un caractère de constante périodicité. Après tout, que notre planète se soit plus ou moins solidifiée, et que celles de ses déformations que Sir William Thomson fait naître des attractions du Soleil et de celles de notre satellite, soient la cause ou simplement l'effet de ses balancements, cela, au fond, ne nous importe qu'à demi. L'essentiel, pour nous, n'est-ce pas la réalité même des déplacements? Et il nous semble difficile qu'ils puissent désormais être contestés. Quant aux soulèvements auxquels le savant anglais fait jouer un si grand rôle, particulièrement à ceux des Andes et de l'Himalaya qu'il cite, nous avouerons qu'ils nous paraissent assez peu compatibles avec l'état qu'il attribue à la Terre. Pour que les exhaussements pussent amener les changements d'équilibre qu'il suppose, il faudrait d'ailleurs qu'ils correspondissent avec des affaissements concomitants sur les points opposés? Comment surtout concilier ce double fait avec ses théories?

Une dernière constatation, d'un ordre un peu différent, il est vrai, à l'appui de nos conclusions. La grande pyramide d'Égypte, orientée, à l'époque de sa construction, suivant les quatre points cardinaux, ne le serait plus aujourd'hui aussi exactement, et une déviation vers l'ouest, reconnue par l'astronome Nouet, a été évaluée à 20 minutes. C'est non-seulement le sens du mouvement que nous venons d'exposer, c'en est même la valeur, à très-peu de chose près.

Jusqu'à quel point avons-nous fait le jour dans la nuit quaternaire restée si obscure jusqu'ici, et, soulevant le voile qui les recouvrait, montré les grandes lois mystérieuses qui nous ont été si longtemps dérobées? Jusqu'à quel point avons-nous donné un corps à l'hypothèse en présence de laquelle nous nous sommes placé au début? La science, en précisant ce que nos déterminations ont forcément conservé

d'incertain, pourra, peut-être sans trop de difficulté, se prononcer sur cette question que nous nous permettons de lui soumettre.



APPENDICE.

TABLEAU présentant les variations de l'excentricité de l'orbite de la Terre, en remontant à un million d'années avant l'ère actuelle.

(Tiré des calculs de MM. Stone, James Croll et Carrick Moore.)

ANNÉES à partir de l'an 1800 de notre ère.	EXCENTRICITÉ de l'orbite exprimée en fractions d'une unité égale à son demi-grand axe.	DIFFÉRENCE approximative entre le maximum et le minimum de distance de la terre au soleil en lieues métriques.	NOMBRE de jours en excès pour l'hiver ou l'été quand l'une ou l'autre de ces saisons se présentent en aphélie.
0	0,0168	965,000	8,4
50,000	0,0131	724,000	6,3
100,000	0,0473	2,735,000	23,0
150,000	0,0332	4,930,000	16,1
200,000	0,0567	3,298,000	27,7
210,000	0,0575	3,379,000	27,8
250,000	0,0258	4,448,000	12,5
300,000	0,0424	2,494,000	20,6
350,000	0,0195	4,126,000	9,5
400,000	0,0170	965,000	8,2
450,000	0,0308	4,770,000	15,0
500,000	0,0388	2,252,000	18,8
550,000	0,0166	965,000	8,0
600,000	0,0417	2,413,000	20,3
650,000	0,0226	4,287,000	11,0
700,000	0,0220	4,281,000	10,2
750,000	0,0575	3,379,000	27,8
800,000	0,0132	724,000	6,4
850,000	0,0747	4,344,000	36,4
900,000	0,0102	402,000	4,9
950,000	0,0517	2,976,000	25,1
1,000,000	0,0151	885,000	7,3

NOTE ADDITIONNELLE.

Il y a eu quelquefois erreur dans la détermination de l'origine de certains erratiques, et nous avons cité, au renvoi de la page 22, celle qui nous semble avoir été commise par Agassiz au sujet des blocs des environs de Rio-de-Janeiro. De nouvelles explorations viennent de confirmer notre supposition. Un autre fait important est établi d'une manière positive. Il s'agit des pierres disséminées sur différents points de la Plata et généralement usées et polies. Là encore Agassiz n'avait vu, dans ces disséminations, que des vestiges glaciaires. Or, M. le docteur Jules Crevaux (*Bulletin de la Société géologique de France*, 3^e série, tome IV, page 304) a pu récemment se convaincre que ces débris ne méritaient à aucun titre le nom d'erratiques. Tous appartiennent aux roches sous-jacentes et la plupart n'en sont même pas détachés. Combien d'autres rectifications du même genre seraient peut-être à faire! Les blocs en question, avec leurs formes particulières, seraient simplement le résultat de l'action des eaux. Les ruisseaux qui parcourent la contrée sont-ils suffisants pour produire de semblables effets, et ne doit-on pas bien plutôt en chercher l'explication dans les érosions marines? Par suite de nos déplacements polaires, la Plata, dont la partie moyenne se trouve aujourd'hui sous le 30° degré de latitude sud, irait occuper l'équateur. Rien d'étonnant dès lors à ce que la situation existante se fût aisément produite. Il y a d'autant plus à penser que les roches qui nous occupent ont été découpées et polies par les eaux de la mer, que certaines accumulations ont tout à fait l'aspect de gros galets. Les pampas, formées

se produire que plus ou moins brusquement. Peut-on prétendre que c'est ainsi que nous sont venus nos grandes chaleurs ou nos grands froids?

Dernier fait à rappeler. La grande pyramide d'Égypte, orientée, à l'époque de sa construction, tout porte à le croire, suivant les quatre points cardinaux, ne le serait plus aujourd'hui aussi exactement. L'astronome Nouet a établi que sa méridienne avait dévié vers l'ouest d'environ 20 minutes, et notre savant consul, M. Mariette, a lui-même reconnu depuis que cette déviation irait peut-être jusqu'à un demi-degré. C'est non-seulement le sens du mouvement que nous venons d'exposer, la mesure de Nouet en serait même la valeur à très-peu de chose près. Notre base, si elle n'était pas d'une exactitude absolue, ne s'écarterait, en fin de compte, d'après cela, que très-faiblement de la réalité.

*
**

Avons-nous trop préjugé de la signification d'un tel ensemble de faits, et, alors que notre hypothèse se trouve si pleinement confirmée, était-ce le cas, pour nous, malgré les quelques incertitudes subsistantes, de nous taire et d'attendre? La voie ne s'est pas tout d'abord pleinement ouverte devant nous, nous en convenons; mais, maintenant qu'elle est tracée, nous ne doutons pas de nous y voir suivre et même bientôt devancer. Il ne manquera plus rien à l'accomplissement de nos vœux.

NOTE.

Nous n'avons rien dit des modifications de température qui peuvent être occasionnées par les variations de l'obliquité du plan de l'écliptique. Elles ne se produiraient que dans une très-minime mesure. Lagrange avait admis que l'obliquité du plan de l'écliptique oscillerait entre 21 et 28° . Dans ces conditions, les augmentations de chaleur ou de froid en résultant eussent pu être assez notables. Mais, d'après des calculs plus récents, les variations en question ne dépasseraient pas $1^\circ 21'$. Elles resteraient dès lors sans influence réelle sur nos indications. Avec le maximum, les étés seraient un peu plus chauds; les hivers, par contre, seraient un peu plus froids, et la moyenne ne bénéficierait, dans un sens ou dans l'autre, que des différences d'excentricité de l'orbite. Mais, même avec les excès de ce genre les plus marqués, elle n'ajouterait que très-peu de chose aux autres actions. Il y avait utilité pour nous à ne pas laisser ce point complètement de côté.



OUVRAGES DU MÊME AUTEUR :

POÉSIES.

- Les Voix poétiques. Un volume in-18. Paris, Ch. Gosselin, 1842.
Prix..... 3 fr. 50
- Les Chants de la terre. Un volume in-8°, avec illustrations.
Paris, Ch. Gosselin, 1844. Prix..... 4 fr. »»
- Les Rimes choisies. Un volume in-8°. Paris, Garnier frères,
1853. Prix 4 fr. »»

DROIT ADMINISTRATIF.

- Régime des Sucres. Loi du 31 mai 1846, annotée et commentée,
Un volume in-12. Lille, 1847. Prix 2 fr. »»
- Régime des Alcools. Manuel des Distilleries; Fabrication et exer-
cice. Un volume in-8°, *deuxième édition*. Paris, Eug. Lacroix,
1868. Prix 6 fr. »»

SCIENCES.

- Esquisses géologiques. Les Mers dans le département de la
Meuse. — Des dépôts d'alluvion et de l'état glaciaire. In-8°. Bar-
le-Duc, 1876. Prix..... 1 fr. »»

BAR-LE-DUC, IMPRIMERIE CONTANT-LAGUERRE.