

www.e-rara.ch

Histoire des progrès de la géologie de 1834-1845

Cosmogonie et géogénie, physique du globe, géographie physique, terrain moderne

Archiac, Étienne Jules Adolphe Desmier de Saint-Simon d'
Paris, 1847

ETH-Bibliothek Zürich

Shelf Mark: Rar 27822: 1

Persistent Link: <https://doi.org/10.3931/e-rara-67907>

Première partie.

www.e-rara.ch

Die Plattform e-rara.ch macht die in Schweizer Bibliotheken vorhandenen Drucke online verfügbar. Das Spektrum reicht von Büchern über Karten bis zu illustrierten Materialien – von den Anfängen des Buchdrucks bis ins 20. Jahrhundert.

e-rara.ch provides online access to rare books available in Swiss libraries. The holdings extend from books and maps to illustrated material – from the beginnings of printing to the 20th century.

e-rara.ch met en ligne des reproductions numériques d'imprimés conservés dans les bibliothèques de Suisse. L'éventail va des livres aux documents iconographiques en passant par les cartes – des débuts de l'imprimerie jusqu'au 20e siècle.

e-rara.ch mette a disposizione in rete le edizioni antiche conservate nelle biblioteche svizzere. La collezione comprende libri, carte geografiche e materiale illustrato che risalgono agli inizi della tipografia fino ad arrivare al XX secolo.

Nutzungsbedingungen Dieses Digitalisat kann kostenfrei heruntergeladen werden. Die Lizenzierungsart und die Nutzungsbedingungen sind individuell zu jedem Dokument in den Titelnformationen angegeben. Für weitere Informationen siehe auch [Link]

Terms of Use This digital copy can be downloaded free of charge. The type of licensing and the terms of use are indicated in the title information for each document individually. For further information please refer to the terms of use on [Link]

Conditions d'utilisation Ce document numérique peut être téléchargé gratuitement. Son statut juridique et ses conditions d'utilisation sont précisés dans sa notice détaillée. Pour de plus amples informations, voir [Link]

Condizioni di utilizzo Questo documento può essere scaricato gratuitamente. Il tipo di licenza e le condizioni di utilizzo sono indicate nella notizia bibliografica del singolo documento. Per ulteriori informazioni vedi anche [Link]

HISTOIRE

DES

PROGRÈS DE LA GÉOLOGIE

PENDANT LES ANNÉES 1834 A 1843.

PREMIÈRE PARTIE.

CHAPITRE PREMIER.

COSMOGONIE.

A mesure qu'une science s'avance dans la voie de l'observation directe et de l'analyse, le champ de l'imagination semble se rétrécir, et les spéculations, plus brillantes que solides, qu'elle enfantait naguère avec tant de facilité, deviennent de plus en plus rares; aussi la recherche de l'origine des corps célestes n'est-elle plus aujourd'hui, de la part des hommes réfléchis, que l'objet de quelques tentatives isolées, se produisant avec réserve au milieu des faits rigoureux et précis, que les sciences mathématiques et physiques accumulent sans cesse autour de nous. Ce premier chapitre de notre travail paraîtra donc bien court, eu égard à l'immensité du sujet indiqué par son titre; mais cette brièveté est, comme on le voit, la conséquence même des progrès réels de la science.

Tous les écrivains ne sont peut-être pas encore bien convaincus de la nécessité de se maintenir dans un ordre d'idées qui ne dépasse plus le domaine de l'expérience, ou qui du moins ne s'écarte pas des limites d'une induction rationnelle; aussi avons-nous renvoyé, comme pour le reste de l'ouvrage, à l'*Appendice bibliographique* placé à la fin du chapitre les diverses publications qui nous ont paru représenter, seulement sous une autre forme, des hypothèses connues depuis longtemps, ou basées sur des données plus ou moins contestables.

Il en a été de même des écrits dans lesquels on s'est attaché à établir une certaine corrélation entre les faits géologiques et la cosmogonie du premier livre de la Genèse.

Le premier ouvrage, par ordre de date, dont nous avons à nous occuper, ne nous est connu que par un simple exposé, et il devait être suivi d'une ou de plusieurs autres parties qui ne nous sont point parvenues. M. Auguste Comte, dans un *mémoire de cosmogonie positive, contenant une vérification mathématique de l'hypothèse proposée par W. Herschel et de Laplace pour expliquer la formation de notre système solaire* (1), paraît avoir soumis au calcul les seules données qui, dans l'état actuel de la science, en sont susceptibles, et il est arrivé à ce résultat général ; « qu'en supposant la limite ma-
» thématique de l'atmosphère solaire successivement étendue jus-
» qu'aux diverses planètes, la durée de la rotation du soleil était, à
» chacune de ces époques, sensiblement égale à celle de la révolu-
» tion sidérale actuelle de la planète correspondante, et de même
» pour chaque atmosphère planétaire à l'égard de tous les différents
» satellites respectifs. »

Par suite, l'auteur démontre, en appliquant en sens inverse la formule qu'il a déjà employée, que la formation du système planétaire dont nous faisons partie est complète, et que le même résultat a lieu pour les satellites des planètes ; « et ainsi, dit-il, cette théorie
» cosmogonique tend à nous représenter notre monde comme par-
» venu à cet âge de consistance qui ne comporte plus de formation
» nouvelle. »

En 1837, M. Lenglet (2), s'appuyant sur les lois de la physique et l'état actuel des astres, s'est attaché à prouver que ceux-ci ont été nécessairement vaporisés. « En remontant plus haut dans le passé, dit-il,
» je trouve cette vapeur de plus en plus diffuse, et, antérieurement en-
» core, elle ne formait qu'une seule masse remplissant l'espace infini et
» s'écartant de moins en moins d'une répartition uniforme, laquelle
» n'a pu avoir lieu qu'à une époque infiniment éloignée de nous. » Ce sont ces idées, déjà indiquées par les deux grands astronomes dont nous avons parlé ci-dessus, que M. Lenglet développe ensuite et cherche à établir par de nombreuses preuves, dans l'exposé desquelles

(1) *Acad. des sciences*, 26 janvier 1835. — *L'Institut*, 28 janvier 1835.

(2) *Mémoire sur l'état primitif de l'organisation de l'univers*, in-8. Douai, 1837.

nous ne pouvons entrer, car elles se rattachent plus à l'astronomie qu'à la géologie proprement dite. C'est ainsi qu'il fait voir pourquoi, dans chaque système, les mouvements de translation et de rotation sont dirigés dans le même sens, pourquoi c'est dans les planètes supérieures que l'on trouve la moindre densité et la rotation la plus rapide, pourquoi la densité des satellites est plus faible que celle des planètes et comment le satellite inférieur de chaque planète peut être privé d'atmosphère. L'auteur s'occupe aussi de l'incandescence actuelle ou passée de tous les astres, de l'affaiblissement graduel de certaines étoiles, puis des comètes, des holidés, des aérolithes, etc. Ce mémoire, d'ailleurs peu connu, nous paraît mériter de l'être davantage, et il ne peut qu'être consulté avec fruit par les personnes qui s'occupent particulièrement de l'origine, de l'état actuel et de l'avenir des mondes.

M. P. Morin, dans son *Introduction à une théorie générale de l'univers* (1), après avoir dit quelques mots de cosmogonie, semble indiquer la cause de la chaleur centrale de la terre comme résultant de la concentration rapide des molécules de la matière, lorsque celle-ci se trouva sollicitée par l'action de la pesanteur vers un centre commun. Cette idée, sur laquelle nous aurons plusieurs fois occasion de revenir dans le chapitre suivant, a été développée avec beaucoup de talent quelques années après par M. F. Angelot (2).

Ce dernier, qui ne connaissait point d'ailleurs les mémoires de MM. Lenglet et Morin (3), part de la réflexion suivante faite par

(1) In-8. Saint-Brieuc, 1835.

(2) *Des conséquences de l'attraction, relativement à la température du globe terrestre, des corps célestes et des espaces, et à la composition de ces mêmes corps.* (Bull., vol. XI, p. 436. 1840.)

(3) Nous trouvons en effet dans des notes manuscrites que M. Angelot a bien voulu nous confier, qu'il n'a eu connaissance de l'ouvrage de M. Lenglet qu'après la publication de son travail, mais nous y voyons de plus l'indication d'un ouvrage très curieux et très rare du père Castel, intitulé : *Traité de physique sur la pesanteur universelle des corps*, 2 vol. in-12. 1724. D'après l'analyse insérée au *Journal des savants* (juin 1724, p. 394-410), on voit que, le premier, cet auteur a eu l'idée de l'attraction ou de la pesanteur, considérée comme cause de la génération de l'univers et du feu central de la terre. On remarquera seulement, d'après les passages recueillis avec un grand soin par M. Angelot, que les faits cités par le père Castel à l'appui de son système sont pris dans des phénomènes d'un autre ordre que ceux des lois de la physique et qu'ils ne sont nullement applicables à l'hypothèse en question.

M. Biot en 1839, à la fin de son cours d'astronomie : « Que, puis-
 » qu'au milieu de toutes les combinaisons possibles nous étions
 » arrivés au moment où cette propriété (l'attraction universelle)
 » était la seule qui fût commune à toutes les molécules de la matière,
 » il y avait *probabilité* qu'un moment viendrait, quelque éloigné
 » qu'il fût, où cette combinaison changerait, où cette propriété
 » cesserait d'être universelle. » Cette supposition du savant académicien étant la base de l'argumentation de M. Angelot, nous croyons, avant d'aller plus loin, devoir en discuter la valeur.

Par cela même qu'une propriété est reconnue commune à tous les corps, nous ne pouvons pas admettre l'existence de ces corps sans cette propriété; il y a donc *plus de probabilité* pour qu'elle ne cesse pas d'agir que toute autre, car elle semble inhérente à la matière, et nous ne concevons point la matière sans elle. Maintenant, si c'est une propriété universelle, l'esprit comprend-il nettement qu'il y ait eu un moment ou un lieu de l'espace, où cette propriété n'existât point, et qu'une force universelle ait pu se développer sans une force extérieure plus universelle encore? Mais nous ne connaissons rien de plus général que cette loi, nous ne pouvons donc pas lui assigner une origine en dehors d'elle-même. La loi qui régit tous les corps connus est comme l'univers, auquel nous n'apercevons de limites, ni dans le temps ni dans l'espace. Où chercher d'ailleurs la cause d'une loi universelle de la matière, si elle n'est pas coexistante avec la matière elle-même? Or, une loi universelle ne peut être le résultat d'actions particulières ou locales, car elle est elle-même la raison de tout. Spéculer sur le principe du monde, en admettant comme effet secondaire la seule loi générale que nous connaissons, nous semble par conséquent une marche peu rationnelle. La connaissance de la gravitation universelle, la plus grande idée après celle de Dieu qui soit jamais entrée dans l'esprit humain, est notre seul point de départ certain; et son origine ou son essence, s'il arrive jamais qu'on la connaisse, pourra seule nous éclairer alors sur l'état primitif de l'univers qu'elle régit.

Cela posé, revenons au travail de M. Angelot, qui, admettant la possibilité que l'attraction universelle ait une fin, en déduit naturellement qu'elle peut avoir eu un commencement, et recherche l'état de choses qui a dû précéder ce commencement. Pour cela, il propose cette seconde hypothèse : qu'il y avait, au moment initial, un même état et une même température de la matière, dans toutes les parties de l'espace, c'est-à-dire que la matière était disséminée dans tout l'es-

pace à l'état de molécules *équidistantes* et *isothermes*, ce que l'auteur appelle l'*homogénéité statique de la matière et de la température dans l'espace*. S'appuyant ensuite sur ce principe de la théorie atomistique, que tous les atomes de la matière pondérable, quelle qu'en soit la nature, ont une chaleur spécifique égale, il suppose que l'univers étant dans cet état, l'attraction commence à se manifester, et il suit les diverses phases de cette action. Ainsi, dit-il, dans ce grand déchirement, dans cet immense chaos, les résultantes des attractions des diverses molécules de la matière ont dû produire des centres d'attraction qui sont devenus chacun le centre d'un système solaire ou d'un ensemble de systèmes solaires, tels que peuvent être les nébuleuses ou une partie d'entre elles. On voit qu'ici, M. Angelot arrive au même résultat que M. Lenglet, mais par une marche inverse de celle qu'avait suivie ce dernier.

Après avoir rappelé le développement de température qui a lieu dans l'expérience du briquet à air, comme l'avait fait aussi M. Lenglet, l'auteur pense que la rapidité avec laquelle les molécules ont dû se précipiter vers les centres qui s'étaient formés, quelque basse qu'ait été la température originaire et générale de toutes les molécules de la matière, a pu suffire pour produire au centre de la masse une température énorme; et si l'on ajoute les actions chimiques qui ont dû se manifester au moment où les molécules de matières différentes se sont trouvées plus rapprochées les unes des autres, on aura une idée des causes qui ont pu élever suffisamment la température du système solaire pour fondre toutes les matières. De l'état de liquidité gazeuse inextensible, elles seront passées à celui de fluide élastique, puis de liquidité ignée par l'élévation de la température, d'autant plus développée que l'attraction agissait depuis plus longtemps et que les matières étaient plus près du centre; la pression étant d'autant plus grande qu'on en est plus voisin et que l'attraction agit en raison inverse du carré des distances.

Par suite de ces phénomènes successifs, la température des espaces célestes a dû diminuer, car d'une part les molécules de la matière ont entraîné avec elles le calorique qui les entourait, et de l'autre il y avait, vers les centres d'attraction, accumulation du calorique qui s'est ainsi trouvé inégalement réparti dans la nature. Actuellement, dit M. Angelot, nous assistons en quelque sorte à la contrepartie ou à la réaction du phénomène. L'équilibre de la température tend à se rétablir, et pour le soleil et pour la terre en particulier,

nous les voyons restituant graduellement aux espaces, sous forme rayonnante, le calorique que les matières qui les composent en avaient enlevé.

Diverses opinions ont été émises par les physiciens sur la température des espaces célestes. Ainsi elle serait de -50° ou -60° d'après Fourier, de -13° seulement d'après Poisson, et de -142° d'après M. Pouillet; M. Angelot rappelle aussi que W. Herschel regardait certaines nébuleuses comme des amas de matières que l'attraction concentrait actuellement. Mais cette dernière hypothèse nous paraît peu d'accord avec la précipitation si rapide, nécessaire pour opérer la conflagration et la liquéfaction ignée des molécules, telle qu'il faut la supposer à l'origine des corps planétaires, et l'on ne se rend pas bien compte pourquoi, après tant de milliers d'années, il en resterait encore à se former. En outre, on ne voit pas non plus pourquoi, lors de la précipitation des molécules vers les grands centres, il s'en est formé de secondaires et même de troisième ordre, tournant autour du premier et dans le même sens; mais avec un mouvement de rotation différent. Ainsi l'hypothèse peut expliquer la formation des corps, mais elle n'explique pas leurs mouvements, et c'est précisément la loi de ces mouvements qui est la seule chose que nous connaissions avec quelque certitude. Il faut donc, de toute nécessité, avoir recours à une autre hypothèse pour la génération des divers systèmes planétaires, laquelle puisse rattacher les planètes et leurs satellites à un centre commun, ainsi que l'ont proposé Buffon et de Laplace, et comme nous venons de voir que M. Lenglet avait aussi cherché à le démontrer.

M. Angelot est conduit à regarder les autres planètes et les étoiles comme composées des mêmes éléments pondérables que la terre; et quant aux aérolithes, il les considère comme des fragments d'astres circulant dans l'espace et qui auraient été dérangés de leur course par l'attraction de la terre. On ne trouve dans les aérolithes aucun corps nouveau, et ils renferment les douze premiers des seize corps simples qui entrent comme éléments constituants dans l'écorce terrestre. La comparaison de la composition des météorites a fait voir que l'on pouvait les ranger dans trois classes; les uns étant principalement alumineux, les autres ne l'étant point; et ceux qui forment la troisième classe étant composés, plus ou moins exclusivement, de fer natif avec nickel, cobalt et chrome. La pesanteur spécifique de ces derniers est à peu près double de celle des premiers, et comme la pesanteur de la masse de la terre est aussi

double de celle des matières qui composent son écorce, M. Angelot regarde les masses métalliques comme pouvant être les noyaux de petits astres errants dont les autres aéroolithes représenteraient la croûte, hypothèse que confirmerait encore la structure cristalline qui est différente dans les uns et les autres.

Il fait remarquer, en outre, que la ressemblance des aéroolithes avec l'écorce terrestre n'existe pas seulement dans les éléments constituants des minéraux, mais encore dans les combinaisons de ces éléments, soit produisant des espèces chimiques binaires, soit des espèces minéralogiques plus ou moins compliquées, en un mot tous les éléments des roches principales qui forment la croûte de notre globe. Ainsi, après avoir montré, par une hypothèse générale, la cause et l'origine commune de tous les corps célestes, M. Angelot, s'étayant des faits observés plus directement, établit la très grande probabilité de leur identité, ou du moins la très grande analogie de leur composition avec celle de notre planète. On peut cependant faire observer à cet égard, que si la densité de la lune est $\frac{5}{6}$ de celle de la terre, il serait peut-être difficile d'admettre que notre satellite soit composé des mêmes éléments, étant surtout arrivé à un degré de refroidissement beaucoup plus avancé, si même il n'est pas complet.

Dans le dernier chapitre de ses *Études sur l'histoire de la terre* (1), M. F. de Boucheporn a présenté quelques aperçus sur une hypothèse qui consisterait à regarder les planètes comme ayant une origine tout à fait étrangère au soleil autour duquel elles se meuvent. Après avoir fait remarquer que, s'il y a concordance entre les grands mouvements des planètes, il y a au contraire discordance dans leur mouvement de rotation, lequel a lieu dans des plans équatoriaux, non seulement inclinés sur le plan de l'écliptique, mais encore formant avec lui tous les angles possibles, qu'en outre, les satellites, quoique se mouvant dans le même sens, offrent cette particularité que dans leur rotation ils présentent toujours la même face à leur planète respective, l'auteur conclut que les mouvements de ces satellites portent les caractères d'une loi générale, simple et uniforme, ce qui n'a pas lieu pour celui des planètes : aussi regarde-t-il le mouvement des premiers comme indiquant la manière d'être origininaire et normale, et la diversité de celui des secondes comme la

(1) *Études sur l'histoire de la terre et sur les causes des révolutions de sa surface*, in-8, Paris, 1844, p. 378.

conséquence de leurs perturbations par suite de chocs qu'elles auraient éprouvés.

M. de Boucheporn rejette l'hypothèse de Laplace comme inadmissible, à cause de la difficulté de bien comprendre, d'une part, l'énorme expansion de la matière solaire qui devait embrasser l'orbite d'Uranus, et occuper un espace cent milliards de fois plus grand que celui qu'elle occupe aujourd'hui, et de l'autre, comment une zone de vapeurs circulaire a pu se réunir ensuite en un seul globule, les planètes étant isolées chacune sur leur trajectoire. Modifiant alors l'idée de Buffon, il a recours à l'action des chocs pour faire naître les satellites. « Ainsi, dit-il (p. 392), d'un cas particulier du choc » ressortent toutes les conditions de mouvement des systèmes de » satellites, comprenant en premier lieu la formation du système » planétaire lui-même. Ainsi, l'on comprendra que les planètes » puissent provenir d'une source commune et cependant étrangère » au soleil ; que les plus denses soient les plus rapprochées de cet » astre ; qu'elles décrivent dans le plan même de l'équateur solaire » des ellipses très peu excentriques ; qu'enfin elles aient pu s'en- » tourer d'une atmosphère oxygénée échappée au soleil même, et qui » aurait exercé sur elle l'action chimique que nous avons essayé » d'analyser pour la terre (voy. *postea*). Toutes ces conclusions me » paraissent d'une rigueur suffisante pour justifier le principe du » choc dans sa généralité astronomique. »

Nous aurons occasion de revenir plus loin sur l'ouvrage de M. de Boucheporn, dont ce que nous venons de dire n'est en quelque sorte qu'un corollaire de son hypothèse appliquée plus particulièrement à la terre ; aussi ferons-nous seulement remarquer qu'en regardant comme très difficile de comprendre l'ancienne extension de l'atmosphère solaire supposée par de Laplace, l'auteur n'a sans doute point songé qu'il y a des nébuleuses dont la nébulosité s'étend jusqu'à 450 rayons de l'orbite terrestre de l'étoile centrale, et que, si l'on supposait une de ces étoiles à la place de notre soleil, son atmosphère comprendrait non seulement l'orbite d'Uranus, mais s'étendrait encore huit fois plus loin.

La plupart de ces questions se représenteront d'ailleurs dans le chapitre suivant, où nous traiterons plus spécialement de la théorie de la terre, et nous nous bornerons à mentionner ci-après les ouvrages qui se rapportent d'une manière plus ou moins immédiate à la cosmogonie.

Appendice bibliographique.

- URE. — *New system*, etc. Nouveau système de géologie dans lequel les révolutions de la terre et les êtres organisés sont mis en rapport avec la science moderne et avec les Écritures sacrées. Londres, 1834?
- Christ. KAPP. — *Sur le premier âge de la terre* (en allemand) (*Neu. Jahrb.*, 1834, p. 151-204 et 353-300).
- T. VIRLET. — *Idées nouvelles sur la nature des comètes et la formation de leur queue, les aérolithes, l'origine de la terre et des planètes, la formation des montagnes, les cratères de soulèvement*, etc. (*Bull.*, vol. VI, p. 242. — 1835).
- G. H. DE SCHUBERT. — *Über die Einheit*, etc. Sur l'unité de plan dans la formation de la terre. Discours académique. in-4, 25 p. Munich, 1835.
- Christ. KEFERSTEIN. — Comment les résultats de la géologie scientifique s'accordent-ils avec l'histoire biblique de la création? (*Leterar. anzeig. fur christl. theolog. u. wissen. uberhaupt.* 1838).
- MARCEL DE SERRES. — *De la cosmologie de Moïse comparée aux faits géologiques*, in-8, 1838. — 2^e éd., 2 vol. in-8. Paris, 1844.
- HARCOURT. — *The doctrine of the deluge*. La doctrine du déluge. Londres? 1838.
- C. L. ALTHANS. — *Grundzuge*, etc. Principes pour une modification entière de la géologie actuelle, ou exposé succinct de l'origine des corps célestes et de la terre, in-42, 148 p., 3 pl. Coblentz, 1839.
- A. PETZOLD. — *Erdkunde* (géologie). *Ein versuch.*, etc. Essai sur l'origine de la terre et sur ses changements successifs jusqu'à nos jours, déduit nécessairement et naturellement de l'hypothèse d'une nébuleuse d'après de Laplace, in-8, 253 p., 1 tabl. Leipsick, 1840.
- Daniel PAREL. — *Cosmologie physique, ou essai sur la cohésion appliquée à la théorie physico-chimique des principaux phénomènes de la nature*, in-8, 44 f., 2 pl. Grenoble, 1840.
- J. PYE SMITH. — *On the relation*, etc. Sur la relation entre l'Écriture sainte et quelques parties de la géologie, 2^e éd. Londres, 1840.
- W. COCKBURN. — *The creation of the world*. La création du monde; adressé à M. Murchison. Londres, 1844.
- BIBLICUS DELVINUS. — *A brief treatise of geology*. Traité succinct de géologie. Londres, 1844.
- WATERKEYN. — *De la géologie et de ses rapports avec les vérités révélées*, in-8. Louvain, 1844.
- L. A. CHAUBARD. — *L'univers expliqué par la révélation, ou essai de philosophie positive*, in-8, 2 pl. Paris, 1844.

P. GODEFROI. — *Cosmogonie de la révélation, ou les quatre premiers jours de la Genèse mis en regard de la science moderne*, in-8. Paris.

MARCEL DE SERRES. — *De la création de la terre et des corps célestes*, in-8. Paris, 1843.

L'auteur y reproduit l'hypothèse des nébuleuses, et rapporte les aurores boréales, les étoiles filantes, les aérolithes et les comètes aux divers états par lesquels a dû passer la matière nébuleuse. D'après M. Marcel de Serres, il se formerait encore dans les espaces de nouveaux systèmes par suite de la réduction de la matière nébuleuse, comme nous venons de rappeler que W. Herschel l'avait depuis longtemps indiqué; quant à la terre, elle serait arrivée, de même que tout le système dont elle fait partie, à un état stationnaire, après avoir passé par les diverses phases que présentent actuellement les véritables nébuleuses.

G. J. MULDER. — *Das streben der materie*, etc. La tendance de la matière à l'harmonie, in-8. Brunswick, 1844.

L'auteur, partant aussi de l'hypothèse des nébuleuses, arrive jusqu'au développement graduel et successif de l'organisme végétal, puis animal, dans les diverses périodes géologiques.

F. KLEE. — *Le déluge. Considérations géologiques et historiques sur le dernier cataclysme du globe*. Ed. danoise, 1842. — Éd. allemande, 1843. — Éd. française, 1847. Seconde partie, p. 479.

Plusieurs autres ouvrages dans lesquels les auteurs ont émis des idées particulières, soit sur la cosmogonie, soit sur les rapports de la Genèse avec l'origine du globe et ses révolutions, seront mentionnés aux traités élémentaires ou généraux de géologie.

CHAPITRE II.

GÉOGÉNIE.

Les applications de la chimie et de la physique à la théorie de la terre sont devenues d'autant plus nombreuses que ces sciences elles-mêmes se généralisent davantage ; aussi trouvons-nous, dans la période qui nous occupe, beaucoup d'essais tentés pour remonter de l'état actuel du globe à son origine, et pour expliquer, par les lois qui nous sont connues, les phénomènes qui ont dû présider à sa formation et ceux qui l'ont amené à l'état où nous le voyons aujourd'hui.

Une théorie chimique de la terre, attribuée à l'un des physiciens les plus célèbres de notre époque, a été publiée en 1833 dans un recueil littéraire périodique (1) ; et comme elle a échappé à la profonde érudition de notre savant prédécesseur, le nom de son auteur nous fait un devoir de la rappeler ici.

L'hypothèse des nébuleuses est aussi le point de départ d'Ampère, et il regarde la terre comme ayant pu être un corps de cette nature, et à une température telle que la moins volatile des substances qui la composent demeurerait à l'état liquide. Puis il conçoit théoriquement que, par suite du refroidissement, une première substance, simple ou non, est venue à se déposer, une seconde s'est déposée sur la première, et ainsi de suite, jusqu'à ce que les plus volatiles seules soient restées à l'état gazeux. De cette manière, ces substances se seraient déposées autour du noyau central, précisément dans l'ordre des températures auxquelles elles passent à l'état gazeux. Mais comme en réalité il n'en est pas ainsi, Ampère examine jusqu'à quel point cet ordre régulier peut avoir été troublé par les affinités chimiques qu'exerçaient les divers éléments constituant les roches. Suivant lui, ces réactions auraient donné lieu à des élévations de température, à des expansions, à des soulèvements et à de nouveaux

(1) A. M. Ampère, *Théorie de la terre*. (*Revue des deux mondes*, n° de juillet 1833. — *Edinb. new phil. jour.*, vol. XVIII, p. 339. 1833. — Bertrand, *Lettres sur les révolutions du globe*, 5^e édition.)

composés. Des couches déjà solidifiées auraient été fondues une seconde fois, et un laps de temps considérable se serait écoulé avant que le centre du sphéroïde, alors moins échauffé que la surface, fût arrivé à être en équilibre de température avec cette dernière.

Ampère suppose que dans l'origine l'azote était combiné avec l'oxygène sous forme d'acide nitreux ou nitrique; et comme il aurait fallu huit ou dix fois plus d'oxygène qu'il n'en reste dans l'atmosphère, il admet que cet excédant a servi à l'oxydation des substances autrefois métalliques, et converties aujourd'hui en silice, alumine, chaux, oxyde de fer, etc. L'oxygène de l'atmosphère actuelle serait le reste de ce qui ne s'est pas combiné avec les corps combustibles, joint à celui qui a pu être expulsé des combinaisons dans lesquelles il entraît.

D'après cette manière de voir, les actions chimiques se seraient continuées dans la partie extérieure du globe, tant qu'il y est resté des fluides à condenser à sa surface par suite de l'abaissement de température, et tant que la croûte superficielle n'a pas été assez épaisse pour opposer une grande résistance à la manifestation au dehors des phénomènes chimiques qui se passaient au dedans, à une plus ou moins grande distance de cette surface. Le refroidissement de celle-ci, au lieu d'être graduel et continu, aurait donc éprouvé de temps à autre, par suite de ces réactions chimiques, des élévations rapides de température, dont la durée était subordonnée à celle du phénomène lui-même.

Les soulèvements successifs des chaînes de montagnes ne seraient plus alors que le résultat d'actions chimiques exercées par les dernières substances liquéfiées, mises en contact avec les substances déjà plus ou moins solidifiées, au moyen des crevasses résultant de mouvements antérieurs ou du retrait de la masse. Aujourd'hui, la température est tellement basse, qu'il n'y a plus à la surface de la terre, parmi les corps susceptibles d'agir chimiquement avec une certaine force, que l'eau qui soit restée à l'état liquide; et d'après cette théorie d'Ampère, ce serait le seul agent probable des cataclysmes futurs que pourrait éprouver notre globe.

En 1834 parut un ouvrage dont l'auteur, comme l'a dit M. Greenough (1), libre de toute influence et d'opinions préconçues, n'ayant en vue que d'acquérir et de communiquer des connaissances appro-

(1) *Address deliv. at the anniv. meet. of the geol. Soc. of London.* (*Proceed.*, vol. II, p. 470. 1835.)

fondies, de découvrir et d'exposer l'erreur, de prouver et d'établir la vérité, ne pouvait manquer d'être apprécié par les personnes qui s'occupent sérieusement de l'histoire de la terre. Les chapitres 1 et 2 des *Recherches sur la partie théorique de la géologie*, par M. de la Bèche (1), sont consacrés à la géogénie proprement dite et à l'explication des phénomènes qui s'y rattachent.

La grandeur et la simplicité, qui sont le caractère des œuvres de la création, portent l'auteur à penser que la matière des diverses planètes ne diffère pas essentiellement dans ses propriétés générales, et qu'il doit y avoir par conséquent un agent qui, contrebalançant dans chacune d'elles, mais d'une manière différente, les effets de la gravité, donne lieu à des densités différentes aussi. Cet agent peut être le calorique dont les propriétés connues répondent aux effets observés; et les différences de densité des planètes résulteraient de différences correspondantes dans l'intensité de la chaleur. Quelques planètes étant encore enveloppées d'une atmosphère, on est conduit à admettre que la matière peut y exister sous trois formes : à l'état solide, à l'état liquide et à l'état gazeux.

En regardant comme très probables les idées émises par de Laplace sur l'origine des corps célestes, idées appuyées, comme nous l'avons dit, par les observations de W. et J. Herschel sur les nébuleuses, M. de la Bèche (chap. II) recherche quel a pu être le résultat de l'antagonisme des deux forces opposées, l'attraction et le calorique, qui agissaient, l'une pour condenser la matière gazeuse, l'autre pour maintenir l'expansion de la masse ou l'écartement des molécules. Pour cela, il considère, à peu près, comme l'avait fait Ampère, l'effet du refroidissement sur les principales substances qui constituent les parties solides, liquides et gazeuses de l'écorce du globe, afin d'arriver à connaître jusqu'à quel point ces résultats seraient d'accord avec la distribution et la manière d'être actuelle de ces substances. Après avoir examiné ce qui a dû se passer dans les rapports et les combinaisons du chlore, de l'oxygène, de l'hydrogène, de l'azote, du soufre, du phosphore, du phosphore et des vapeurs métalliques, au fur et à mesure du refroidissement, et cela par suite du rayonnement de la chaleur de la masse première gazeuse dans laquelle ces diverses substances ont pu être mélangées à l'origine, il fait voir qu'il a dû arriver un moment

(1) *Researches in theoretical geology*, in-8. Londres, 1834. — Traduction française par M. H. de Collegno. Paris, 1838. Toutes les indications données pour la pagination se rapportent à cette traduction.

où il s'est formé une croûte solide oxydée, surmontée d'une enveloppe gazeuse. Celle-ci était en partie formée d'oxygène, et recouvrait une masse intérieure fortement chauffée, composée de substances métalliques à peine mélangées avec l'oxygène et les autres corps simples non métalliques.

Cette hypothèse s'accorderait à la fois, dit M. de la Bèche, avec la théorie de la chaleur centrale et avec celle de l'existence, au-dessous de l'écorce du globe, des bases métalliques de certaines substances, dont l'oxydation peut donner lieu aujourd'hui à plusieurs des phénomènes géologiques que l'on observe (1).

Passant ensuite à la forme de la terre, il fait voir (chap. II) que les molécules qui la composent ont dû, à l'origine, se mouvoir librement les unes par rapport aux autres, et que notre planète avait acquis la forme sphéroïdale avant que sa surface solide eût été corrodée par l'eau, et qu'elle eût pu supporter les détritits qui devaient s'y accumuler.

Si l'on examine, dit l'auteur (p. 5), la composition chimique de l'écorce de la terre qui nous est accessible, on est frappé de l'énorme volume d'oxygène qui entre, soit dans la composition de l'air et de l'eau, soit dans celle des roches solides. L'oxygène constitue à peu près les $\frac{20}{100}$ du volume de l'atmosphère, $\frac{1}{3}$ en volume des gaz qui forment l'eau, et il est contenu en quantité immense dans les diverses roches qui ne sont guère que des substances oxydées. Ainsi la silice constitue au moins $\frac{45}{100}$ de l'écorce minérale du globe; or étant composée, suivant M. Berzélius, de 48,4 de silicium et 51,6 d'oxygène, on concevra combien le volume de l'atmosphère serait augmenté, si l'oxygène contenu seulement dans la silice venait à reprendre son état gazeux, et à plus forte raison cet accroissement serait-il énorme, si ce même gaz se dégagait de tous les autres minéraux qui composent l'écorce de la terre, ainsi que des eaux qui sont à sa surface. Les proportions de l'hydrogène, de l'azote, du carbone, du soufre et du chlore, quoique très considérables encore, sont bien loin d'approcher de celle de l'oxygène. Les autres corps simples non métalliques, c'est-à-dire le phosphore, le bore, le sélénium, l'iode, le brome et le

(1) La théorie de la chaleur centrale a été vivement combattue par M. Greenough dans son discours annuel adressé à la Société géologique de Londres en 1834 (*Procced.*, vol. II, p. 42). L'accroissement de la température avec la profondeur est la seule observation qui, suivant lui, appuierait cette théorie, toutes les autres pouvant être expliquées par diverses causes qui lui sont étrangères.

phthore, n'ont qu'une importance plus ou moins secondaire dans la masse connue de la terre.

Le silicium est la plus importante des bases métalliques des alcalis et des terres qui se trouvent à la surface du globe, puisque nous avons vu la silice constituer environ $\frac{45}{100}$ de la partie que nous connaissons. M. de la Bèche donne les mêmes détails sur l'aluminium, qui, après le silicium, est la plus répandue de ces bases métalliques; puis viennent dans l'ordre de leur importance le potassium, le sodium et le magnésium. Le calcium à l'état d'oxyde et combiné avec l'acide carbonique, qui paraît au premier abord si prédominant dans la nature, n'occupe cependant que le cinquième rang. On le rencontre d'ailleurs fréquemment sur les continents et dans les eaux, et il abonde surtout dans la partie moyenne et supérieure des terrains fossilifères, tandis qu'il est dispersé en très petite quantité dans les dépôts plus anciens et dans les eaux de l'Océan.

De tous les métaux dont les oxydes ne sont ni des alcalis ni des terres, le fer et le manganèse sont les plus importants à considérer. Ainsi le fer constitue à l'état d'oxyde un peu plus des $\frac{5}{100}$ des terrains stratifiés inférieurs et les $\frac{2}{100}$ de l'ensemble de l'écorce minérale. Le manganèse, quoique aussi très fréquent, ne formerait que 3 ou $\frac{4}{10000}$ seulement de la masse des roches; et les autres métaux, plus particulièrement en filons, n'entrent que pour une faible proportion dans ces mêmes roches.

M. de la Bèche range dans l'ordre suivant (p. 16), d'après leur degré d'importance, les principales substances qui entrent dans la composition chimique de notre planète :

Corps simples non métalliques.

- | | | | |
|---------------|-------------|------------|---------------|
| 1. Oxygène. | 3. Azote. | 5. Soufre. | 7. Phthore. |
| 2. Hydrogène. | 4. Carbone. | 6. Chlore. | 8. Phosphore. |

Bases métalliques des alcalis et des terres.

- | | | |
|---------------|---------------|--------------|
| 1. Silicium. | 3. Potassium. | 5. Magnésium |
| 2. Aluminium. | 4. Sodium. | 6. Calcium. |

Métaux dont les oxydes ne sont ni des terres ni des alcalis.

- | | |
|---------|---------------|
| 1. Fer. | 2. Manganèse. |
|---------|---------------|

Ainsi seize des substances regardées jusqu'à présent comme des corps simples constituent, par leurs diverses combinaisons, sinon la

totalité, du moins de beaucoup la plus grande partie des matières gazeuses, liquides ou solides, organiques ou inorganiques, que nous voyons à la surface de la terre.

Nous ne connaissons point l'ouvrage de M. Boase (1), mais, d'après l'analyse qu'en a donnée M. Greenough (2), il nous paraît difficile que les idées de l'auteur sur la connexion entre les roches stratifiées et non stratifiées, prouvant leur origine commune et contemporaine, puissent être admises de la plupart des géologues, et il en serait de même de celles qu'a émises M. C. Gemellaro sur la formation de la croûte terrestre (3).

Le travail de M. Ladame (4) nous semble, au contraire, renfermer des considérations utiles à présenter en détail, quoique n'étant pas toutes nouvelles. L'auteur admet comme base de la théorie de la terre : 1° sa forme résultant du mouvement de rotation que prend une masse liquide; 2° la disposition régulière des masses qui la composent et la densité croissante de la surface au centre : faits qui sont démontrés par : *a*, la nutation de l'axe due au renflement du sphéroïde à l'équateur; *b*, les nombreuses observations de l'intensité de la pesanteur; *c*, la grandeur de l'aplatissement comparée à la durée de la rotation diurne, aplatissement qui est intermédiaire entre celui qui existerait, si la densité de la terre était la même dans toute la masse, et celui qui aurait lieu, si au contraire la densité croissait vers le centre, et qu'elle fût infinie en ce point; *d*, sa densité moyenne, supérieure à celle des couches superficielles, et annonçant une plus grande densité dans l'intérieur; circonstances qui ne peuvent, en général, s'appliquer qu'à des liquides se disposant d'une manière régulière dans l'ordre de leur densité autour d'un point central. La terre, dit M. Ladame, a donc été primitivement liquide, puisqu'elle présente ces conditions. Enfin cette fluidité primitive est encore appuyée par l'accroissement de température, lorsqu'on s'enfonce dans le sol, et par les preuves que nous avons que la chaleur de sa surface, à une époque antérieure à la nôtre, était plus élevée qu'elle ne l'est aujourd'hui.

(1) *Treatise on primary geology*. Traité de la géologie primaire. Londres, 1834.

(2) *Address delivered*, etc. (*Proceed. geol. Soc. of London*, vol. II, p. 170. 1835.)

(3) *Bull.*, vol. VI, p. 2. 1834.

(4) *Mémoire sur la formation de la surface actuelle du globe*. (*Mém. de la Soc. d'hist. nat. de Neuchâtel*, vol. I, p. 149. 1836.)

Le globe à l'état liquide, se mouvant dans un milieu dont la température était au-dessous ou voisine de zéro, recevait inégalement, comme à présent, l'action des rayons solaires. La partie de l'équateur était de même alors celle où cette chaleur du soleil était la plus grande; aussi les pôles commencèrent-ils d'abord à être recouverts d'une calotte solide; puis les zones tempérées se solidifièrent, et enfin la zone torride elle-même se consolida. Le refroidissement et la consolidation continuant, lorsque toute la terre fut enveloppée d'une croûte résistante, cette dernière se trouva être le plus épaisse autour des pôles, et s'amincissait de plus en plus vers l'équateur. Aujourd'hui, d'après les calculs de l'auteur, l'écorce terrestre aurait environ 2,000 mètres de plus d'épaisseur aux pôles qu'à l'équateur, en admettant que l'accroissement moyen de la température en s'enfonçant, soit de 1° pour 32^m,50, et qu'il y ait 60° de différence entre la température moyenne de l'équateur et celle des pôles.

A mesure que la surface perdait de sa chaleur propre, celle qu'elle recevait du soleil tendait à prendre plus d'influence; aussi les phénomènes de la surface dans les premiers temps ont-ils dû avoir un caractère d'uniformité qu'ils ont perdu de plus en plus par la suite. En admettant qu'il en ait été ainsi, les régions polaires ont été les premières où la vie s'est manifestée, si toutefois l'absence de la lumière pendant une partie de l'année ne s'y est pas opposée. Des pôles, les végétaux d'abord, et ensuite les animaux, ont dû se propager vers les zones tempérées, et enfin envahir la bande équatoriale.

Si, continue l'auteur, à mesure qu'il se forme des dépôts à la surface par suite de l'action des agents extérieurs, il se développe à l'intérieur une tension due, soit à des phénomènes chimiques donnant naissance à des gaz ou à des solides qui occupent plus de volume que les liquides qui les ont formés, soit à un retrait de la croûte par suite de son refroidissement, la masse liquide intérieure tendra à sortir; et comme dans les liquides les pressions se transmettent dans toutes les directions sans perte d'intensité, les points de la croûte placés sur la même surface de niveau seront également pressés du dedans au dehors, et la surface cédera là où la résistance sera moindre. La courbure de la terre étant le plus faible aux pôles, les soulèvements auraient dû s'y développer davantage; mais la plus grande épaisseur en ces mêmes points s'y est opposée, et quant à la résistance de la croûte elle-même, on voit qu'elle dépendra de plusieurs éléments, tels que sa nature propre d'abord, son rayon

de courbure, son épaisseur, puis l'intensité de la gravité, etc.

M. Ladame établit ensuite, par des calculs, que les températures moyennes de l'année s'abaissent, en marchant vers le N., plus rapidement que ne pouvait le faire supposer la seule donnée de la diminution de l'intensité des rayons solaires relativement à leur inclinaison. En outre, l'été boréal correspond à l'aphélie, et l'hiver au périhélie, de sorte que les chaleurs de l'été et les froids de l'hiver sont tous deux atténués, circonstance qui élève, toutes choses égales d'ailleurs, la température moyenne de l'hémisphère nord, quoique l'inégale répartition des terres et des eaux dans les deux hémisphères soit une seconde cause bien plus importante de leur différence de température. Mais les éléments du mouvement de la terre n'étant pas constants, et le périhélie ayant un mouvement dans le plan de l'orbite, on voit que chaque hémisphère a dû jouir successivement des avantages dont jouit actuellement l'hémisphère nord, quant à la première des deux causes.

En tenant compte de la plus grande épaisseur de l'écorce terrestre vers les régions polaires, et des résistances en rapport avec l'énergie des pressions intérieures, l'auteur démontre plus loin que les soulèvements récents doivent avoir produit à la surface des reliefs plus prononcés et plus étendus dans les régions tropicales que vers les pôles. En outre, les marées intérieures ont pu soulever les premières couches résultant du refroidissement, et même les contrarier tant que la croûte n'a pas été assez solide pour atténuer leurs effets. Peut-être ces mêmes marées seraient-elles cause des difficultés que l'on éprouve à déterminer la forme exacte de la surface actuelle du globe, sujet sur lequel nous reviendrons en parlant des irrégularités de cette surface. Enfin les tremblements de terre et les éruptions volcaniques seraient peut-être encore des effets de ces marées, effets plus ou moins isolés, dénaturés, *irrégularisés* en quelque sorte par une foule de circonstances qu'il ne nous est pas permis d'apprécier.

M. Marcel de Serres a publié l'année suivante un mémoire sur cette question : *Les variations du plan de l'écliptique ne peuvent-elles servir à expliquer les faits qui se sont succédé à la surface du globe pendant les temps géologiques* (1)? et M. D. Saull a donné un *Essai sur la coïncidence des phénomènes astronomiques et géologiques* (2),

(1) *Mém. de la Soc. roy. des sc.*, etc., de Lille, p. 443. 1836.

(2) *An Essay on the coincidence*, etc., in-8. Londres, 1836.

dans lequel il s'est attaché à démontrer que les changements de température survenus à la surface du globe résultent du déplacement des pôles, ou d'un cercle décrit par les extrémités de l'axe de la terre.

Quoique par son titre le mémoire de Poisson *sur la température de la partie solide du globe, de l'atmosphère et du lieu de l'espace où la terre se trouve actuellement* (1), se rapporte plutôt au chapitre II de la *seconde partie*, où nous traiterons de la température intérieure du globe, qu'à la géogénie proprement dite, l'hypothèse générale que l'illustre géomètre a proposée pour rendre raison de cette température, de même que les conséquences auxquelles elle peut conduire, nous ont engagé à donner, dès à présent, l'exposé de ce travail, qui n'est d'ailleurs, comme l'a dit lui-même l'auteur, qu'une sorte de résumé ou d'application de son ouvrage sur la *Théorie mathématique de la chaleur*.

Poisson s'est proposé de déterminer la température de la terre, à une profondeur et sur une verticale donnée, d'après la quantité de chaleur solaire qui traverse la surface à chaque instant. En général, les inégalités diurnes sont insensibles à un mètre de profondeur, et les inégalités annuelles disparaissent, comme on sait, à une vingtaine de mètres. Vers le milieu de cette distance, ces dernières se réduisent à l'inégalité dont la période comprend l'année entière. Ainsi, à 6 ou 8 mètres de profondeur, la température n'offre pendant l'année qu'un maximum et un minimum arrivant à six mois l'un de l'autre, et après les époques de la plus grande et de la moindre chaleur solaire. Au-delà de 20 mètres environ, la température ne peut plus éprouver que des variations séculaires que l'on n'a pas encore observées.

Sur chaque verticale, le maximum des inégalités se propage uniformément avec une vitesse qui dépend de la nature du terrain. Sous l'équateur, la température doit être à peu près constante à une profondeur beaucoup moindre qu'en tout autre lieu, résultat qui, comme nous le verrons, a été vérifié par des expériences directes.

Après avoir cherché l'intensité moyenne de la chaleur solaire pour un point donné du globe pendant l'année entière, et rapportée aux unités de temps et de surface, Poisson détermine la hauteur d'une couche d'eau recouvrant la surface de la terre, et dont la chaleur solaire pourrait élever la température de 1°, de même que l'épaisseur d'une couche de glace que cette température pourrait fondre, c'est-

(1) *Compt.-rend.*, vol. IV, p. 437. 1837. — Traduc. anglaise (*Amer. Journ.*, vol. XXXIV, p. 57. 1838).

à-dire environ 7 à 8 mètres (1). Par le rayonnement à travers sa surface, la terre envoie chaque année au dehors une quantité de chaleur égale à celle qu'elle a reçue du soleil et qu'elle a absorbée. Cet équilibre a lieu pour la surface entière du globe et à très peu près pour chaque point en particulier.

Quoique l'influence solaire et ses variations (p. 143) ne soient plus sensibles à la profondeur de 20 mètres, cette influence ne s'arrête pas à cette limite ni à aucune autre, et, dans un temps suffisamment prolongé, elle a dû pénétrer dans la masse intérieure de la terre et jusqu'à son centre. Nous ne connaissons point les calculs qui ont conduit Poisson à cette dernière proposition, qui paraît être la base de l'idée qu'il développe plus loin ; mais nous ferons remarquer qu'elle est en contradiction avec la précédente, car si l'absorption est égale seulement à l'émission, comme nous venons de le dire, on ne voit pas ce qui peut rester de chaleur pour continuer à marcher vers le centre, et les six mois que les variations annuelles embrassent, soit pour le flux de chaleur ascendant, soit pour le flux descendant, marquent nécessairement un point, plus ou moins éloigné de la surface, où l'action extérieure devient nulle ; la périodicité supposée exacte et inverse même du phénomène s'oppose à sa manifestation indéfinie dans un seul des sens où il se produit. Nous reviendrons d'ailleurs sur ce sujet en prenant en considération un élément important qui a été négligé.

Poisson démontre ensuite la coïncidence presque parfaite entre la température de la surface même du globe et celle que marque un thermomètre placé au-dessus de cette surface, coïncidence qui n'existe que pour les températures moyennes. Pour Paris, la température moyenne de l'air est $10^{\circ},822$ et celle du sol $10^{\circ},514$; mais, pour les températures de chaque instant, elles suivent des lois très différentes pour la surface et pour l'air.

Près de la surface, la portion de la température moyenne due à la chaleur solaire varie avec l'obliquité de l'écliptique. Cette inégalité séculaire est accompagnée, comme les inégalités diurnes et annuelles, d'une variation dans le sens de la profondeur, que l'on ne peut évaluer exactement, faute de connaître l'expression de l'obliquité en fonction du temps ; mais les variations qui en proviennent ne peuvent être que pour fort peu de chose dans l'accroissement de température des lieux profonds. En attribuant, avec Fourier et de Laplace,

(1) On verra plus loin que M. Pouillet a déduit de ses calculs un chiffre beaucoup plus élevé.

cette augmentation à la chaleur initiale du globe, Poisson trouve qu'à la profondeur seulement de $\frac{1}{100}$ du rayon, la température serait aujourd'hui de 2,000°, et qu'elle dépasserait au centre 200,000°; aussi s'attache-t-il, dans sa théorie mathématique de la chaleur, à démontrer les difficultés qui doivent, suivant lui, faire rejeter cette idée de l'existence actuelle de la chaleur initiale, et à faire voir que depuis longtemps la terre doit avoir perdu celle qu'elle possédait à son origine.

En partant de cette hypothèse de Laplace, que nous avons déjà rappelée plusieurs fois, savoir, que les planètes peuvent être des portions de l'atmosphère solaire, qu'elle a successivement abandonnées en se concentrant vers cet astre, les molécules de la terre, à un certain moment, se sont trouvées soumises à leur attraction mutuelle en raison inverse du carré des distances; et de cette force il est résulté, sur toutes les couches de la masse fluide, une pression croissant de la surface au centre. Vers ce même centre, elle a dû être très grande et dépasser peut-être cent mille fois la pression atmosphérique actuelle. D'après Poisson, ce serait cette pression croissante, et non une température extérieure beaucoup moindre que celle du fluide, qui aurait fait passer successivement toutes ces couches à l'état solide, en commençant par celles du centre et continuant de proche en proche jusqu'à ce qu'il ne soit plus resté que les matières qui forment aujourd'hui la mer et l'atmosphère. Mais cette réduction n'a pas été instantanée, et le temps qu'elle a exigé a suffi, d'après l'auteur, pour que: « eu égard à la vitesse presque infinie » du rayonnement, les couches, en se solidifiant l'une après l'autre, » aient dû perdre toute la chaleur développée pendant leur changement d'état, et qui s'en est échappée sous forme rayonnante, » à travers les couches supérieures encore à l'état de vapeur; en sorte » qu'il ne reste plus, ni à l'époque actuelle ni depuis bien longtemps, » aucune trace de cette quantité de chaleur, quelque grande qu'elle » ait pu être. »

Cela posé, Poisson attribue la cause de l'élévation de température dans les lieux profonds à l'inégalité de température des régions de l'espace que la terre traverse, en s'y mouvant avec le soleil et tout le système planétaire (1). La température d'un point quelconque de l'espace est produite par la chaleur rayonnante qui vient s'y croiser

(1) On sait que le mouvement général actuel de notre système paraît être dirigé vers la constellation d'Hercule.

en tous sens, et qui émane des différentes étoiles; or, cette température ne devant pas être la même partout, mais aussi ne pouvant être très différente que sur des points fort éloignés les uns des autres, on conçoit que, dans l'étendue du déplacement annuel de la terre, la température de l'espace sera sensiblement égale, tandis que celle des régions éloignées, que parcourt tout notre système planétaire dans son mouvement général, ne sera pas constamment la même, et toutes les planètes éprouveront des variations correspondantes de température. Mais la terre, vu la grandeur de sa masse, en passant d'un milieu plus chaud dans un milieu plus froid, n'aura pas perdu, dans la seconde région, toute la chaleur qu'elle avait prise dans la première; elle devra donc présenter, comme on l'observe en effet, une température croissante à partir de sa surface, et l'inverse aura lieu en passant d'une région froide dans une région chaude.

Sans connaître ni les grandeurs ni les périodes de ces variations de température, Poisson conçoit qu'elles peuvent s'étendre jusqu'à une certaine profondeur, sans toutefois atteindre le centre. Mais ici se trouve une seconde contradiction avec la proposition que nous avons déjà combattue, savoir : que la chaleur solaire annuelle pouvait descendre jusqu'au centre de la terre. Dans cette supposition, en effet, comment refuser, toutes choses égales d'ailleurs, à une cause certainement bien plus que séculaire, un résultat que l'auteur attribue à une cause annuelle et même seulement semi-annuelle?

Pour indiquer comment ces inégalités doivent influencer sur la température de la couche extérieure du globe, Poisson fait remarquer que, dans cette théorie, la température moyenne de la superficie varie avec une lenteur extrême, mais incomparablement moindre cependant que la portion de la température qui serait due à la chaleur initiale du globe, si elle était encore sensible à l'époque actuelle. De plus, cette variation est alternative et peut ainsi, dit-il, concourir à l'explication des révolutions que la couche extérieure de la terre a éprouvées. Suivant lui, la fraction de $\frac{1}{30}$ de degré, que la surface tire aujourd'hui de la chaleur initiale, exigerait pour se réduire de moitié un laps de 4,000 millions de siècles, et que serait-ce alors pour remonter à une époque où la température aurait été assez considérable pour influencer les phénomènes géologiques? Mais on a vu précédemment que ce grand géomètre regardait la température initiale comme complètement perdue, ce qui s'accorderait peu avec le temps nécessaire, suivant lui, pour une diminution de $\frac{1}{60}$ de degré. Enfin, appliquant ses calculs à la température de l'atmosphère et à celle des espaces

célestes, Poisson trouve que cette dernière est supérieure à celle des pôles de la terre, au lieu de s'abaisser à -50° ou -60° , comme l'avait établi Fourier.

L'hypothèse que nous venons d'exposer, malgré le nom de son auteur et les calculs sur lesquels elle s'appuie, ne répond point aux conditions qu'exigent aujourd'hui non seulement la géologie, mais même la physique et l'astronomie; car elle est basée sur une série de suppositions purement gratuites. M. de la Rive (1) a d'ailleurs combattu, beaucoup mieux que nous ne pourrions le faire, quelques uns des résultats de Poisson, et en particulier l'hypothèse finale dont s'est servi M. Renoir pour étayer la théorie des anciens glaciers (2).

Dans sa thèse présentée à la Faculté des sciences, M. Daubrée (3) s'est aussi occupé des théories et des opinions émises sur la température du globe et sur les principaux phénomènes géologiques qui paraissent être en rapport avec la chaleur propre de la terre. Il a opposé les résultats de Poisson à ceux de Fourier et à ceux de M. Pouillet dont nous parlerons plus loin; et sans se prononcer à leur égard, il a fait voir cependant que les hypothèses basées sur les inégalités de température des régions traversées par la terre devaient répondre à cette exigence, que la température des régions chaudes a dû être telle, qu'elle ait pu fondre toutes les roches qui composent la croûte extérieure du globe. A cet effet, il faut concevoir d'abord des parties de l'espace où un très grand nombre de rayons stellaires viennent se croiser, comme cela, dit-il, peut avoir lieu peut-être dans la voie lactée (4), ensuite, que leur étendue soit telle, que la terre ait pu mettre plusieurs milliers d'années pour tra-

(1) *Bibl. univ. de Genève*, vol. LX, p. 279 et 445. Une critique de ces mêmes idées géogéniques a été publiée dans les *Annales de Pogendorff*, vol. XXXIX, p. 93-100.

(2) *Bull.*, vol. XI, p. 64 et 150. 1840. Dans cette note, l'auteur suppose aussi que, par suite de la résistance opposée aux planètes par le milieu dans lequel elles se meuvent, elles doivent tendre à se rapprocher continuellement du soleil, en décrivant des spires infiniment rapprochées, au lieu d'une courbe fermée. M. Fauverge (*Bull.*, vol. XII, p. 308) a fait voir combien était peu admissible cette hypothèse contraire aux lois connues qui régissent les corps célestes.

(3) Brochure in-8. Paris, 1838.

(4) Ce qui serait peu probable, si, comme l'a supposé de Laplace, notre système fait partie d'une immense nébuleuse représentée par la voie lactée elle-même (*Exposition du système du monde*, vol. II, p. 402-403).

verser cette zone torride céleste, et que sa surface ait pris une température peu différente de celle de l'espace; et, enfin, les phénomènes géologiques doivent faire admettre que la température stellaire s'est abaissée rapidement à partir du maximum, pour arriver à une valeur qui depuis lors n'a diminué que très lentement. Suivant M. Daubrée, l'hypothèse de Poisson et celle de Fourier, qui diffèrent totalement pour l'époque initiale de la formation de la terre, et nous ajouterons pour son mode de refroidissement, peuvent être ramenées à une sorte de concordance lorsqu'on ne remonte pas au-delà du domaine de la géologie proprement dite.

Nous dirons cependant que l'hypothèse de Poisson est bien plus compliquée que celle de Fourier, puisqu'elle suppose : 1° que les molécules de la terre étaient à l'état de gaz, qu'elles sont passées à l'état liquide, puis à l'état solide, par suite de l'attraction, et cela du centre à la circonférence; de telle sorte que le refroidissement aurait eu lieu inversement des lois ordinaires, car il est difficile d'admettre, malgré l'effet de la pression et de l'attraction, que les molécules solides du centre, à un moment donné, se soient trouvées à une température plus élevée que les molécules encore liquides et gazeuses de la surface; 2° que le globe, complètement solidifié, a dû être emporté dans une partie de la sphère céleste, où la température était telle, que la surface a été complètement fondue jusqu'à une grande profondeur. Or, cette hypothèse n'est-elle pas bien gratuite, lorsque nous pouvons à peine apprécier la distance des étoiles, même les plus rapprochées de nous? 3° Enfin, il faut admettre que la température de notre système planétaire, de retour dans des régions plus tempérées ou froides, s'est abaissée de nouveau, et que c'est à partir de ce second refroidissement que commence l'ère de la géologie. Nous préférons donc la simplicité de la première hypothèse, contre laquelle les objections de Poisson ne nous semblent pas aussi fortes qu'il a pu le croire. Nous ferons voir d'ailleurs bientôt, d'après les calculs d'un autre mathématicien, que les lois de la propagation de la chaleur ou celles du refroidissement dans une masse telle que la terre, composée d'éléments divers et à divers états, ne sont pas assez connues pour conduire à une solution un peu rigoureuse, lorsqu'on tient compte de tous les éléments de la question. Si notre illustre compatriote a été effrayé du nombre d'années qu'il faudrait pour que la température initiale arrivât à l'état actuel, c'est qu'il n'a pas pu apprécier le laps de temps qui a dû s'écouler seulement pour la formation des terrains de sédiment anciens qui atteignent jusqu'à

14,500 mètres d'épaisseur. Et qu'est-ce encore, si l'on y ajoute tous les schistes cristallins qui les ont précédés et tous les dépôts secondaires et tertiaires qui les ont suivis ? Si déjà, dans le domaine de la géologie, nous n'avons que des chronomètres relatifs, et dont nous ne pouvons comparer la marche avec ceux qui marquent nos jours et nos années, au-delà, à bien plus forte raison, toute appréciation exacte du temps nous est-elle rigoureusement interdite.

Nous mentionnerons ici un mémoire adressé à l'Académie des sciences par M. Ducis (1), et qui avait pour but la critique de l'opinion de Poisson, qui assignait à la limite de l'atmosphère, comme condition nécessaire, l'existence d'une couche liquide terminant la masse gazeuse, la liquéfaction de l'air devant résulter d'un froid intense, et la couche ainsi produite se maintenir d'une épaisseur suffisante pour que son poids fit équilibre à la force élastique des couches inférieures de l'air. L'argumentation de M. Ducis nous est restée inconnue, mais il est probable que son auteur ignorait les objections déjà faites à cette même opinion par M. de la Rive dans l'article que nous avons cité.

A partir de 1837, époque à laquelle M. W. Hopkins communiqua à l'Association britannique pour l'avancement des sciences le commencement de ses *Recherches sur la géologie physique* (2), ce savant a publié successivement plusieurs mémoires dont nous allons rendre compte. Les aperçus nouveaux qu'on y trouve sur la théorie de la terre, le grand nombre de calculs auxquels l'auteur s'est livré à ce sujet et l'extrême réserve qu'il a mise dans ses conclusions, méritent une attention particulière.

Dans la première série de ces recherches (3), M. Hopkins, avant d'entrer en matière, fait remarquer qu'il y a pour les corps deux modes distincts de refroidissement ; l'un pour les corps solides ou imparfaitement fluides, et qu'il nomme *refroidissement par conduction* ; l'autre pour les masses dans un état de fluidité tel, que les particules composantes peuvent se déplacer et se mouvoir entre elles, c'est le *refroidissement par circulation* ou par *évection*. Les lois du premier mode sont assez connues, mais il n'en est pas de même de celles du second. A l'origine du globe, alors qu'il était dans un état

(1) Séance du 14 mars 1842. — *L'Institut*, 17 mars 1842.

(2) *Report*, 7^e *mcet. brit. assoc. at Liverpool*, vol. VI, p. 92. Londres, 1838.

(3) *Researches in physical geology. First-series (Philos. transac. of the r. Soc. of London pour 1839, part. II, p. 381).*

de fluidité parfaite, le premier refroidissement a eu lieu par circulation, et le changement de ce premier mode dans le second a dépendu de certaines conditions.

Si, d'une part, la tendance à se solidifier par le refroidissement diminue de la circonférence au centre, de l'autre, la tendance à se solidifier par la pression augmente dans le même sens; mais les lois de ces deux phénomènes étant peu connues, M. Hopkins déduit seulement de cette proposition, que si l'augmentation de température, en s'enfonçant dans la masse, est assez rapide pour s'opposer à la solidification que tend à déterminer la plus grande pression, il y aura propension vers un état imparfaitement fluide de la masse, et ensuite vers sa solidification dans ses parties supérieures; tandis que si c'est la pression qui l'emporte, le passage de la fluidité parfaite à l'état de fluidité imparfaite et enfin la solidification commenceront par le centre.

Dans le premier cas, il n'y aura solidification de la croûte externe que lorsque toute la masse sera à un état imparfaitement fluide; car, jusque-là, il y aura toujours circulation; et celle-ci devra cesser presque en même temps dans toute l'étendue de la masse, laquelle commencera alors à se refroidir par conduction, très rapidement à la surface et très lentement à l'intérieur, à cause du peu de conductibilité des roches. Nous ne savons point encore l'épaisseur probable de la croûte terrestre, dans l'hypothèse de sa fluidité primitive, ne connaissant pas l'influence d'une haute température pour résister à la solidification, comparée ou opposée à celle d'une grande pression qui la déterminerait; seulement, l'état actuel de la surface du globe permet d'admettre l'existence d'une croûte solide, dont l'épaisseur est très petite relativement au rayon.

Dans le second cas, celui où la pression vers le centre l'emporterait sur la température, le refroidissement par conduction commencerait par le centre, tandis que les parties supérieures se refroidiraient encore par circulation, et cela dans le même temps. Mais on conçoit que le premier mode tendra à gagner sur le second, qui cessera dès que toute la masse externe ne sera plus parfaitement fluide. La partie superficielle se refroidira alors très rapidement; une croûte externe se formera et s'accroîtra de haut en bas, bien plus vite que la solidification n'aura lieu au-dessus du noyau central antérieurement consolidé. Le globe pourra donc être composé d'une enveloppe solide et d'un noyau central également solide, séparés l'un de l'autre par la matière fondue, mais moins fluide que celle qui pouvait exister vers le centre dans la première hypothèse. Quant à

l'épaisseur de la croûte externe, elle pourra être, comme dans le premier cas, très faible relativement au rayon. Mais dans l'état actuel de nos connaissances, dit M. Hopkins, il n'est pas possible de prononcer si la croûte externe et le noyau solide sont à présent réunis, ou s'ils sont encore séparés par la matière en fusion.

Ainsi, tout en admettant avec Poisson que la solidification a pu commencer par le centre, le savant professeur de Cambridge est loin de penser que la surface s'est solidifiée la dernière, car il est évident que l'encroûtement a dû se produire à la surface avant que toute la partie interne fût devenue solide, distinction que M. Hopkins considère comme très importante pour l'explication des phénomènes géologiques subséquents. En résumé, si l'on regarde le globe comme ayant été originiairement à l'état de fluidité parfaite, on ne peut pas, dit-il, arriver encore à des conclusions plus précises que les suivantes :

1° Le globe peut être formé d'une enveloppe extérieure solide et d'une masse interne dont la fluidité est la plus grande au centre. L'épaisseur de l'enveloppe peut être très faible comparée au rayon, et la fluidité au centre approcher de celle qui admet le refroidissement par circulation ;

2° Le globe peut être formé d'une enveloppe extérieure solide et d'un noyau central également solide, séparés l'un de l'autre par une matière en fusion. L'épaisseur de la croûte et le rayon du noyau solide peuvent être très faibles eu égard au rayon de la terre, et la fluidité de la masse intermédiaire est alors beaucoup moindre que celle qui permet le refroidissement par circulation ;

3° Enfin, la terre peut être solide de la surface jusqu'au centre.

L'observation directe du mode de refroidissement du globe, en lui supposant une origine fluide ignée, nous laisse donc encore très incertain sur l'état actuel de sa partie centrale. Cette incertitude résulte, non de l'imperfection de la partie mathématique des recherches, mais du manque de détermination expérimentale de valeurs qu'il sera toujours très difficile, sinon impossible, de déterminer avec exactitude.

M. Hopkins recherche ensuite si l'on ne trouverait pas des preuves de la fluidité centrale dans les phénomènes de la précession et de la nutation, car l'action directe des forces qui les produisent doit être très différente sur la partie interne, suivant que celle-ci est solide ou liquide. On a démontré que ces phénomènes étaient d'accord avec la solidité interne supposée dans certaines hypothèses rationnelles relativement à la loi de densité, mais ils ne paraissent pas avoir été

étudiés relativement à la fluidité interne supposée, et c'est ce problème dont l'auteur s'occupe particulièrement. Après avoir appliqué successivement l'analyse à l'attraction du soleil sur la croûte solide, comme à celle de la lune, puis à la pression exercée intérieurement sur les parois de la croûte par la masse fluide soumise à l'attraction solaire et lunaire, et enfin à la force centrifuge, il considère la tendance des forces agissant sur le fluide interne pour le mettre en mouvement, et trouve qu'en réalité les actions du soleil et de la lune ne déterminent point cette tendance, et que l'axe de rotation instantané du fluide interne sera exactement semblable à celui de la croûte, et de même ordre. Enfin, il arrive (pag. 413) à ces autres conclusions :

1° Quelle que soit l'épaisseur de l'enveloppe, la précession sera la même que si toute la terre était homogène et solide ;

2° La nutation lunaire sera la même que pour un sphéroïde homogène, et à un tel degré d'approximation que la différence est inappréciable à l'observation ;

3° La nutation solaire sera aussi sensiblement la même que pour le sphéroïde homogène, à moins que l'épaisseur de la coque ne soit très approchée d'une certaine valeur un peu moindre que $\frac{1}{4}$ du rayon terrestre, auquel cas cette nutation deviendra beaucoup plus grande que pour le sphéroïde solide ;

4° Outre ces mouvements de précession et de nutation, le pôle de la terre aurait un petit mouvement circulaire dépendant entièrement de la fluidité intérieure. Le rayon du cercle ainsi décrit serait le plus grand lorsque l'épaisseur de l'écorce serait la moindre, mais l'inégalité ne pourrait excéder, pour la plus faible épaisseur de l'écorce, une quantité de même ordre que la nutation solaire.

Dans un second mémoire (1), M. Hopkins a traité la même question en supposant l'intérieur de la terre fluide et hétérogène, ou mieux, le fluide interne et l'écorce comme étant des corps de nature différente. Parmi les problèmes qu'il a examinés se trouve celui de la permanence de l'inclinaison de l'axe de la terre, depuis la première formation de la croûte, et en admettant que la solidification ait commencé par la surface.

Enfin, dans la troisième série de ses recherches (2), l'auteur s'occupe de l'épaisseur et de la constitution de la croûte terrestre, et en

(1) *Philos. transac. of the r. Soc. of London.* 1840, part. I, p. 193.

(2) *Ibid.* 1842, part. I, p. 43.—*An. des sc. géol.*, vol. I, p. 523.
— *L'Institut*, n° 444.

particulier du minimum d'épaisseur compatible avec la valeur de la précession observée. Dans le cas de la terre, le passage de la partie fluide à la partie solide n'est pas immédiat, comme il l'avait d'abord supposé. Si l'on considérait comme fluide toute la masse qui n'est pas parfaitement solide, ou comme solide toute celle qui n'est pas parfaitement fluide, on donnerait une trop faible ou une trop grande épaisseur à la croûte ; aussi M. Hopkins admet-il une surface d'égale fluidité, ou si l'on veut d'égale solidité, intermédiaire aux deux surfaces de parfaite solidité et de parfaite fluidité, et telle que, si tout ce qui est au-dessus était parfaitement solide et tout ce qui est au-dessous complètement fluide, la précession et la nutation seraient les mêmes que dans le cas où le passage de la solidité de la croûte à la masse fluide interne serait graduel et continu. Il nomme cette surface, *surface effective interne*, et sa distance à la surface extérieure, *épaisseur effective de la croûte*.

Le degré de solidité et de fluidité d'un point quelconque de l'intérieur du globe dépend en partie de sa température et de la pression qui s'y exerce, et après avoir indiqué, d'une manière relative, la surface de même fluidité ou solidité passant par ce point, M. Hopkins fait voir que la détermination des formes des surfaces isothermes à l'intérieur du sphéroïde est entièrement approchée lorsque l'ellipticité est petite, et le temps pendant lequel le refroidissement a lieu est très grand, comme on peut le supposer pour la terre.

Il déduit de la marche analytique du problème, qu'il faudrait descendre à une profondeur égale à environ $\frac{1}{5}$ du rayon terrestre avant d'arriver à la surface d'égale fluidité avec une ellipticité de la valeur exigée, c'est-à-dire que l'épaisseur effective de la croûte doit être égale à $\frac{1}{4}$ ou $\frac{1}{5}$ au moins du rayon terrestre pour que la précession ait la valeur observée.

Ce résultat de calculs assez compliqués fait penser à l'auteur qu'il n'y a point, comme on l'a supposé, de communication entre les orifices volcaniques et la surface du noyau fluide interne, et que la matière fondue des volcans actuels se trouve dans des réservoirs d'une étendue limitée, constituant des lacs souterrains, mais non un véritable océan. Il attribue à la même cause la plupart des grands soulèvements reconnus, excepté peut-être le plus ancien, car à l'époque de ces divers soulèvements la croûte terrestre était déjà d'une énorme épaisseur. Cette supposition de lacs souterrains ignés, à une faible profondeur, s'accorde d'ailleurs avec les recherches fondées sur les principes de la mécanique pour les phénomènes d'élé-

vation, tels qu'il les a donnés dans son *mémoire sur la géologie physique* (1), et dont nous parlerons en traitant de la théorie des failles, des fissures et des soulèvements. Ces parties fluides, placées au milieu de la croûte solide, de même que leur permanence dans cet état, seraient dues à une plus grande fusibilité de la matière qui les constitue.

Comme conséquence de ses mémoires précédents, M. Hopkins insiste de nouveau sur la permanence de l'inclinaison moyenne de l'axe terrestre, sur le plan de l'écliptique (pag. 53), en faisant remarquer que les preuves de cette permanence n'avaient été jusqu'alors basées que sur l'hypothèse de la solidité entière du globe, présomption qui, quel que soit l'état actuel de notre planète, ne peut jamais être admise comme nécessairement applicable à toutes les époques antérieures à l'existence des êtres organisés à sa surface. Mais cette proposition étant démontrée vraie, en l'appliquant à la terre depuis l'origine de son enveloppe externe solide, doit faire regarder comme essentiellement fausse toute hypothèse établie sur le changement de position de l'axe de la terre, soit que l'on suppose l'intérieur avoir été solide et fluide, soit qu'on le suppose encore tel aujourd'hui.

Plus loin, l'auteur démontre que quand même la pression des éléments de la terre ne serait pas telle qu'il en résultât la solidification d'une partie de la masse, la conclusion relative à l'épaisseur de la croûte terrestre serait encore vraie *à fortiori*. Ainsi, la détermination de la dernière limite à cette épaisseur est indépendante de l'effet inconnu de pression, ou, en d'autres termes, de la détermination expérimentale des températures de fusion, pour différentes substances sous de hautes pressions.

Il a fait voir également que la température actuelle de l'intérieur de la terre ne peut être due à sa chaleur originnaire, si la température de fusion pour la matière est indépendante de la pression à laquelle la matière fondue est soumise; car dans ce cas elle doit être sans doute suffisante à la profondeur de $1/4$ ou $1/5$ du rayon terrestre pour fondre toutes les roches de la partie solide sous la pression de l'atmosphère; par conséquent, à ces profondeurs, la matière serait à l'état de fusion, et la croûte de la terre devrait être

(1) *Researches in physical geology*. Recherches sur la géologie physique (*Transac. of the Cambridge Phil. Soc.*, vol. VI, p. 1. 1835-1836).

très mince à moins que la solidification n'ait été déterminée par la pression ; or, comme M. Hopkins a prouvé que cette croûte ne pouvait être très mince, il en résulte que sa proposition est démontrée, c'est-à-dire que la température de fusion est dépendante de la pression à laquelle elle est soumise.

Nous n'avons pu faire connaître que très succinctement les principaux points de la question à laquelle M. Hopkins a appliqué les calculs très variés de l'analyse, et quelques uns des résultats qu'il en a déduits, mais ils suffiront peut-être pour indiquer la voie dans laquelle il s'est engagé, et que nous désirerions voir suivie par les personnes qui, familiarisées comme lui avec le mécanisme des formules, le sont également avec toutes les données de la physique expérimentale et les résultats de la géologie moderne. Les conclusions de l'auteur sont sans doute encore plutôt négatives que positives, mais elles témoignent du désir de chercher la vérité avec une extrême bonne foi, et sont beaucoup plus utiles que ces hypothèses hardies et tranchantes basées sur des éléments incomplets et qui s'écroulent devant le plus simple bon sens. M. Hopkins, dans ses applications directes des mathématiques à certains pays affectés par l'action des forces souterraines, et dont nous aurons occasion de parler, a fait voir quel parti on pouvait tirer de ce mode de recherche, lorsqu'on possédait également bien et sans idée théorique préconçue tous les éléments d'un problème, à quelque ordre d'idées ou de faits qu'ils appartiennent.

M. Gustave Herschel a publié, sur le refroidissement primitif du globe (1), une notice dans laquelle il attribue une grande influence aux diverses manifestations du fluide électrique. Ainsi, il trouve la cause du développement de la chaleur qui a dû contribuer à la formation de la terre, tant dans le passage de la matière élémentaire à un état d'agrégation plus dense, que dans les réactions provoquées par les différences électro-chimiques que nous offre la matière. La terre, suivant lui, serait restée longtemps dans l'état d'incandescence et de fluidité, le rayonnement de la chaleur n'ayant pu se faire seulement qu'à travers l'atmosphère de vapeurs et de gaz qui l'enveloppaient alors. Le refroidissement et la consolidation de la croûte terrestre auraient commencé par les pôles comme nous avons vu que l'avait admis M. Ladame. Le refroidissement de l'atmosphère aux

(1) *Neu. Jahrb.*, n° 4. 1841. — *An. des sc. géol.*, vol. I, p. 405. — *L'Institut*, 16 juin 1842. — *L'Écho*, 31 juillet 1842.

extrémités de l'axe aurait occasionné un flux continu des couches d'air et des masses de vapeurs vers les régions polaires, d'où serait résultée la précipitation d'énormes masses d'eau qui ont dû s'écouler ensuite vers les régions équatoriales. Mais l'auteur attribue à ces actions des conséquences que nous ne pouvons admettre, telles que l'aplatissement du sphéroïde et la dispersion des blocs erratiques; effets dus à des causes entièrement distinctes, et qui sont séparés dans le temps par tout ce que l'on peut appeler la vie inorganique et organique de la terre, car l'un est antérieur même à sa première consolidation, et l'autre a précédé immédiatement l'état actuel des choses.

Le dérangement d'équilibre de température produisant des phénomènes thermo-électriques, M. G. Herschel en conclut que le refroidissement de la terre et sa solidification ont dû être le principe des développements d'électricité les plus importants. Ces tensions électriques auraient été les plus faibles là où le rayonnement était à son minimum et la température de la masse du sol la plus élevée. Ainsi, c'est aux pôles qu'elles devaient atteindre leur maximum et qu'elles se sont maintenues, puis elles diminuent vers l'équateur, et les courants électriques actuels seraient une conséquence du mouvement de rotation de la terre, combiné avec la chaleur solaire qui s'exerce successivement à la surface du globe pendant les périodes diurne et annuelle. Ici, l'auteur nous semble réunir, sans une analyse et des développements suffisants, les effets qu'il attribue à la chaleur propre du globe et ceux qui résultent de l'influence solaire. Les variations de l'aiguille à diverses époques se rattacheront aussi, suivant lui, aux mouvements du sol, et seraient dues à des changements de température de la croûte terrestre sur ces points. Enfin les variations diurnes de l'aiguille et les perturbations locales de la déclinaison seraient encore des résultats de l'influence solaire, de même que les aurores boréales et australes sont des phénomènes électriques dus à des courants qui règnent entre les pôles terrestres et l'atmosphère.

Une autre manière d'envisager le mode de refroidissement du sphéroïde a été proposée par M. le marquis de Roys (1), qui, partant de ce principe, que, dans un corps qui change d'état, sa température apparente ne varie pas, bien que dégageant ou absorbant du calorique, en conclut que jusqu'au moment de la solidification com-

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 238. 1842.

plète du globe, la température actuelle de la masse liquide et par conséquent son volume ne doivent pas varier.

Les causes du refroidissement, continue M. de Roys, sont toutes extérieures, et toutes les roches, celles du moins qui composent la surface, étant mauvais conducteurs, ces causes ne peuvent étendre leur influence au dedans que par une transmission nécessairement très lente; et comme elles agissent toujours à la surface, il en résulte que, jusqu'au moment où cette surface a atteint la limite de son refroidissement, elle perd beaucoup plus de calorique que l'intérieur ne peut lui en fournir. Les couches extérieures devront donc se contracter plus vite que celles de l'intérieur, et exercer une pression qui empêchera la formation de vides internes. L'inverse aura lieu lorsque le refroidissement de la surface aura atteint sa limite; la croûte extérieure aura alors une dimension constante, et il se formera des vides à l'intérieur. Or, la température de la surface s'étant encore abaissée pendant la période tertiaire, comme on est porté à le penser d'après certaines considérations paléontologiques, l'auteur conclut que la limite du refroidissement de la surface n'est pas encore atteinte, et qu'il n'y a par conséquent pas à l'intérieur de vides, qui aient pu déterminer des affaissements de la croûte solide, et auxquels on puisse attribuer les anciennes révolutions du globe.

Passant au mode de formation des premières roches, M. de Roys fait voir qu'au commencement l'eau se trouvait à l'état de vapeur dans l'atmosphère, dont elle devait occuper la partie supérieure, étant environ un tiers plus légère que l'air. Son contact avec les espaces célestes la privait de son calorique, et elle retombait sous forme de véritables torrents sur la surface incandescente du globe, d'où elle s'élevait bientôt de nouveau à l'état de vapeur. Ces alternances de condensation et de vaporisation continuèrent jusqu'à ce que la surface fût assez refroidie pour permettre le séjour de l'eau liquide dans ses dépressions. Ces vaporisations successives enlevaient en outre une grande quantité de calorique à la surface incandescente, et devaient hâter son refroidissement et par suite sa solidification. Lorsque les eaux commencèrent à se maintenir à la surface, la température était cependant encore assez élevée pour que les alternances de vaporisation ou de condensation se continuassent pendant longtemps, quoiqu'avec une énergie d'autant moindre que la température s'abaissait davantage; et ce fut pendant cette période que se déposèrent les premières assises de roches schisteuses non cristal-

lines, tandis que les roches solidifiées plus tard prirent un caractère de plus en plus cristallin.

Par suite de ce qui a été dit, les assises superficielles doivent tendre à se contracter jusqu'à ce qu'elles aient atteint la limite de leur refroidissement, et elles se contracteraient, en effet, sans la résistance opposée par la masse liquide, dont le volume est resté constant. La pression qui en résulte empêche la formation des vides, et l'enveloppe solide éprouve une tension d'autant plus grande que le refroidissement fait plus de progrès.

Le premier effet de cette pression dut être de modifier la forme du globe et de la rapprocher de la sphéricité qui, pour une même surface, offre le maximum de volume; mais le mouvement de rotation continuant, il ne put l'atteindre. Les eaux, qui étaient d'abord répandues à la surface de la terre, obéirent à la force centrifuge lorsque la forme du sphéroïde fut modifiée par la tension de l'enveloppe solide, et leur puissance s'augmenta à l'équateur, tandis qu'elle diminuait aux pôles. Les actions solaires et lunaires, s'exerçant librement sur cet océan sans bornes, produisaient un mouvement de flux et de reflux dont l'axe devait être à peu près celui de l'écliptique, et d'où résultaient aussi de grandes variations dans la hauteur des eaux vers les pôles. La tension de l'enveloppe, augmentant par ces actions réfrigérantes, finit par l'emporter. Il y eut rupture, suivant des lignes non parallèles entre elles, mais perpendiculaires à un même grand cercle, et les matières liquides de l'intérieur s'élevèrent dans ces fractures. Un dégagement considérable de calorique produisit en même temps une immense vaporisation, et par suite une énorme chute d'eau. Les roches injectées solidifiées, les bords des fractures relevés, des dépressions parallèles produites par la réaction des déchirures, tels furent les effets qui commencèrent à rendre très inégale la surface de la terre.

L'augmentation de capacité pour le calorique, donnée à l'écorce solide par la tension qu'elle éprouvait, a produit ensuite un froid relatif très intense dans les couches contiguës d'air et d'eau. Ce froid s'est opposé à l'existence des êtres qui vivaient auparavant et qui étaient organisés pour une température plus élevée. Ainsi pourrait s'expliquer le renouvellement des animaux et des végétaux lors des grandes révolutions du globe, et l'auteur arrive par une série de phénomènes de ce genre à la période des glaciers anciens, que l'on suppose avoir mis fin à l'époque tertiaire. M. de Roys explique égale-

ment le métamorphisme des roches par l'élévation de température qui se produisait à la suite des ruptures de l'écorce solide, et qui, occasionnant aussi à la surface une grande évaporation, donnait lieu à un véritable déluge, par la condensation et la précipitation, et par suite à un dépôt de transport diluvien, au commencement des grandes formations. Aujourd'hui, la surface du globe paraissant avoir atteint la limite de son refroidissement, le volume de l'enveloppe demeurera constant, et il pourra se former des vides au dedans; mais, dans toutes les périodes antérieures, elle était loin de cette limite.

Le principe qui sert de base à l'hypothèse de M. de Roys a été combattu par M. Angelot (1), du moins dans son application au refroidissement du globe, et il semble, en effet, que la permanence de température d'un corps qui change d'état n'est nécessaire que pour la partie même de ce corps qui change, va changer ou vient de changer, et non pour toute la masse, quelque étendue qu'elle soit, et quelles que soient la température et la composition de ses diverses parties. Rappelant ensuite cette circonstance, que dans les balles de plomb fondu il existe constamment une *chambre* excentrique, comme l'a constaté M. Leblanc (2), et dans le cas de la terre, la gravité étant vers le centre même du globe, la chambre doit tendre à s'y former dans toutes les directions et à devenir, non pas excentrique comme dans les balles, mais bien concentrique. Si à une certaine époque, la chambre concentrique est devenue complète, il s'y sera formé une seconde sphère solide, et ces circonstances se reproduisant par le refroidissement continu, on conçoit que la terre pourrait être composée d'une série de sphères concentriques emboîtées les unes dans les autres. M. Angelot ne regarde pas d'ailleurs le refroidissement comme terminé, mais seulement comme étant plus faible que dans la période tertiaire, et se continuant encore.

A cette occasion, M. Dufrénoy (3) a fait remarquer, d'après des calculs de M. Élie de Beaumont, que la densité moyenne de la terre, suivant M. Reich, étant 5,44 et celle des roches de la surface 2,75, celle des matières situées vers le centre doit être bien supérieure à 5,44. Si l'on suppose le globe formé de trois couches concentriques d'égale épaisseur, et dont les densités soient en progression arithmé-

(1) *Bull.*, vol. XIII, p. 245. 1842.

(2) *Ibid.*, vol. XII, p. 440. 1841.

(3) *Ibid.*, vol. XIII, p. 251. 1842.

tique, la plus extérieure sera 2,75, la moyenne 40,82, et celle du centre 18,89. Or, ces deux dernières sont presque égales à la densité de l'argent (10,47) et à celle de l'or (19,26). En admettant un plus grand nombre de couches, la densité de celle du centre serait encore plus considérable. Ces densités se rapportent d'ailleurs aux densités effectives des matières qui composent le globe, eu égard à leur température et aux pressions auxquelles elles sont soumises; mais ces résultats numériques ne nous apprennent rien sur la nature chimique de ces matières.

En recherchant si, dans l'état actuel des choses, la température moyenne de la surface du globe décroît plus ou moins rapidement que la température moyenne de la masse interne, M. Élie de Beaumont a aussi démontré (1) que le refroidissement annuel de la surface est plus grand que celui de la masse totale du globe pendant un laps de 38,359 ans, à partir de l'origine du refroidissement, et qu'ensuite le refroidissement moyen annuel de la masse surpasse celui de la surface, et cela de plus en plus. Si, d'après ces ingénieuses recherches du géologue éminent que nous venons de citer, on pouvait, connaissant la température moyenne actuelle de la surface, en déduire à quel moment de cette grande période nous nous trouvons, et si l'on savait actuellement que le refroidissement de la masse n'est pas plus grand que celui de la surface, bien que nous ne connaissions pas le calorique spécifique moyen de la masse, il semble qu'un grand pas serait fait vers la connaissance de l'ancienneté de notre planète, ou du moins, du temps qui s'est écoulé depuis son premier refroidissement.

M. Angelot (2) a rattaché à l'accroissement de densité des couches terrestres vers l'intérieur des observations de M. G. Bischof (3), qui établissent que les roches ignées se contractent diversement en passant de l'état liquide à l'état solide. Ainsi le granite se contracte de $\frac{1}{4}$, le trachyte de un peu moins de $\frac{1}{5}$ et le basalte de un peu plus de $\frac{1}{10}$. On avait admis *a priori* qu'à l'intérieur de la masse liquide les substances fondues étaient rangées dans l'ordre de leur pesanteur spécifique, et la pesanteur spécifique des roches, dans l'ordre général de leur apparition à la surface, montre que celle du granite est la plus faible; puis viennent celles des basaltes et des laves. Les expé-

(1) *Comp. rend.*, vol. XIX, p. 4327. 1844.

(2) *Bull.*, vol. XIV, p. 49. 1842.

(3) *Neu. Jahrb.*, p. 565. 1844.

riences de M. Bischof confirmeraient complètement cette manière de voir, et l'anomalie qui semble résulter de ce qu'à l'état solide la densité du trachyte est moindre que celle du granite, disparaît, dit M. Angelot, lorsque l'on considère ces roches à l'état liquide; ainsi on trouve pour le granite 1,99, pour le trachyte 2,17 et pour le basalte 2,69; or, l'époque de l'apparition de ces roches se trouve en raison inverse de leur densité à l'état liquide, et par conséquent dans l'ordre où la théorie les indiquait à l'intérieur.

On a aussi observé qu'à mesure qu'on s'enfonce dans la terre les proportions d'oxygène et de silice diminuent, et en même temps la contractilité des roches, tandis que la quantité de fer augmente comme élément chimique. Si cette observation se généralisait, ainsi que le remarque M. Angelot, et que la progression existât réellement, on arriverait à avoir, pour le centre de la terre, quelque chose d'analogue aux masses de fer météorique, dont ce métal forme les 9/10. Le silicium y a presque disparu, ainsi que l'oxygène, ce qui d'ailleurs s'accorderait avec ce que nous avons dit (*antè* p. 7), que les masses de fer météoriques pouvaient être les noyaux de petits astres dépouillés de leur croûte extérieure oxydée.

M. F. de Bouchepon s'est aussi occupé de l'origine du globe et de son mode de formation, surtout au point de vue chimique. Dans ses *Études sur l'histoire de la terre* (1), il n'a point suivi la même marche que nous, pour l'exposition des idées et des faits; aussi commencerons-nous l'examen de sa théorie par le chapitre IX, qui, bien que ne formant, suivant lui, qu'une partie accessoire de son ouvrage, par cela même qu'il traite de l'histoire chimique du globe ou de l'état originaire et des transformations des matériaux qui composent son écorce observable, doit précéder l'examen des phénomènes de beaucoup postérieurs, lesquels font l'objet spécial du livre dont nous allons nous occuper.

Quoique pénétrant assez haut dans l'échelle géologique, le granite forme en réalité la base de tous les terrains. A ce caractère d'universalité du granite M. de Bouchepon oppose la salure des mers, qu'il regarde comme ayant une origine contemporaine de celle du granite lui-même; car la connaissance que nous avons des animaux les plus anciens porte à penser que les mers étaient salées dès le commencement. Or, n'est-il pas remarquable, ajoute l'auteur, que des deux principaux alcalis répandus à la surface du globe, l'un, la soude, soit

(1) In-8 avec carte et planches. Paris, 1844.

pour ainsi dire isolé et concentré dans la grande dissolution marine, tandis que l'autre, la potasse, caractérise exclusivement le premier revêtement solide de l'écorce terrestre, formant la base active et fondante du feldspath et du mica. Tout le feldspath des roches anciennes est, en effet, à base de potasse.

M. de Boucheporn insiste (p. 215) sur ce caractère particulier du granite, de présenter le quartz, de beaucoup le plus infusible de ses éléments, comme une pâte amorphe enveloppant les cristaux de substances bien plus fusibles (mica, feldspath, tourmaline, amphibole, etc.). Tous les éléments de la roche ayant d'ailleurs pris en même temps, sous l'influence ignée, la disposition qu'ils occupent, il suppose, pour l'expliquer, qu'une formation s'est déposée dans le bassin des mers primitives à l'état d'un dépôt chimique silicaté, dont les éléments auraient pu former des groupements partiels, capables de céder à l'action de la chaleur, comme, dans certains fourneaux, la température sépare les scories fusibles, de la masse métallique moins susceptible d'être ramollie. Une chaleur adventice, venant ensuite à s'exercer sur ce précipité, y aurait déterminé la formation des composés fusibles (feldspath et mica), et l'élément réfractaire, le quartz, isolé à l'état naissant, se serait aggloméré sur ces noyaux fluides sans fusion complète, mais à un certain état de mollesse; de sorte que la séparation du quartz serait une espèce de précipitation par résistance à la fusion, phénomène dont les conditions sont très différentes d'une solidification par refroidissement.

Dans une addition au chapitre IX, placée à la fin de son ouvrage, l'auteur a prévenu en quelque sorte lui-même les objections qui pouvaient être faites à son hypothèse; car il dit, en parlant de la silice: On doit même supposer cette substance à l'état gélatineux, état qu'elle prend, en général, lorsqu'elle est formée dans l'eau, au moyen d'un composé de silicium, et cela aiderait à concevoir ce moulage du quartz sur les matières fusibles.

Mais déjà M. Élie de Beaumont (1), par suite des recherches de M. Gaudin sur la fusion du quartz, avait fait observer que la silice, en se refroidissant, a la propriété de rester visqueuse pendant un certain temps, tandis qu'il n'en est pas de même de l'alumine, qui se montre en quelque sorte l'inverse de la silice. Dans les granites et les porphyres il y a toujours beaucoup de silice en excès, mais dans les trapps et les basaltes ce sont les bases qui dominent;

(1) *Société philomatique*, 4 mai 1839. — *L'Institut*, 16 mai 1839.

et celles-ci passent très rapidement à l'état solide, en perdant très peu de leur chaleur dans ce passage. Non seulement cette observation de M. de Beaumont rend suffisamment compte de l'état du quartz dans les granites, état dont beaucoup de personnes se sont préoccupées depuis Breislak ; mais elle peut être regardée comme la base des idées que M. Fournet a développées, en 1844, *Sur l'état de surfusion du quartz dans les roches éruptives et dans les filons métallifères* (1).

Ce dernier, après avoir rappelé les substances telles que l'eau, le soufre, le phosphore et beaucoup de dissolutions salines qui se maintiennent à l'état liquide en-deçà du point où leur dissolvant a été saturé à chaud, fait remarquer que, dans cet état de *surfusion* ou de *sur-saturation*, ces matières sont susceptibles de résister à l'influence des corps étrangers, et que la silice a pu de même rester à l'état de surfusion, étant douée d'une viscosité qui ne peut qu'augmenter les effets mentionnés pour le soufre et le phosphore. On conçoit alors, dit M. Fournet, que les substances les plus cristallisables d'un magma se façonnent les premières en imprimant leurs arêtes et leurs angles sur la pâte molle qui les environne. Lorsque le refroidissement est arrivé à un degré convenable, cette pâte cristallise à son tour ; et comme la température a pu être telle, que les corps environnants n'aient pas perdu toute plasticité, il s'est produit les empreintes réciproques que l'on voit si fréquemment.

Cette explication n'a cependant point paru suffisante à M. Durocher (2), parce que les différences que l'on connaît, entre les degrés de température correspondant à la congélation et à la liquéfaction d'une même substance, ne s'élèvent pas à 100°. Elles sont beaucoup trop faibles pour expliquer la cristallisation, avant le quartz, du feldspath, de la tourmaline et du grenat, puisque la différence entre leurs points de fusion est de plusieurs centaines de degrés.

M. Durocher suppose que, lors de l'état fluide de la masse, le feldspath, le mica et le quartz formaient un tout homogène, composé de silice, d'alumine, de bases alcalines et terreuses, etc., et qui serait resté fluide, en perdant de sa chaleur et en conservant tous

(1) *Comp. rend.*, vol. XVIII, p. 1050. — *An. de la Soc. d'agric. de Lyon*, 1844. — Voyez aussi : Fuchs, *Sur la théorie de la terre*, etc. Munich, 1844.

(2) *Sur l'origine des roches granitiques. Comp. rend.*, vol. XX, p. 4275, 4845. — Voyez aussi : Th. Scheerer, *An. de Poggendorff*, vol. LVI, p. 479. — Schafhault, *Neu. Jahrb.* 1845, cah. 7, p. 858. — *Bull.*, 2^e sér., vol. IV, p. 477, 1847.

ses éléments combinés, jusqu'à une température peu supérieure à celle qui détermine la liquéfaction du feldspath. D'un autre côté, la composition la plus générale qu'il ait trouvée dans les granites étant : feldspath 40, quartz 25, mica 15, il compare la composition élémentaire moyenne du granite très feldspathique et très micacé, à celle de certains pétrosilex, et fait remarquer qu'il existe entre ces derniers une analogie frappante, les proportions de silice et d'alumine y étant à peu près les mêmes, et l'alcali étant seulement plus abondant dans les granites. Or, si les pétrosilex sont si fusibles, dit ce géologue, les granites pris en masse, à l'état rudimentaire, ont dû l'être au même degré, puisque leur composition est analogue. D'ailleurs les silicates multiples combinés ensemble sont beaucoup moins réfractaires qu'ils ne le seraient pris isolément. Ainsi, les masses granitiques ont pu se maintenir, après leur éruption, dans un état de fusion pâteuse, jusqu'à une température voisine de celle qui correspond à la liquéfaction du feldspath, et constituant une seule combinaison minérale; c'est à ce moment que peut venir s'appliquer l'hypothèse proposée par M. Fournet.

Depuis l'instant où le départ s'effectue dans le magma granitique, et où il s'en sépare trois ou quatre combinaisons définies (l'orthose, l'albite, le mica, le quartz), si la température est peu élevée au-dessus de celle qui détermine la solidification des éléments les plus fusibles, ceux-ci mettront plus de temps à passer à l'état solide. Mais dans ce passage, ceux qui prennent d'abord l'état visqueux, comme la silice, peuvent se solidifier moins vite, et alors le feldspath aura cristallisé avant le quartz. D'ailleurs les empreintes du quartz dans les cristaux de feldspath montrent aussi que ces éléments sont passés presque en même temps à l'état solide. Dans les granites, le cas le plus général est, comme on sait, le quartz amorphe ou compacte, qui a formé une masse vitreuse, et qui a servi de ciment dans lequel le feldspath et le mica ont dû cristalliser.

Ainsi ce problème important de géologie chimique, par le concours simultané de ces recherches, paraît être bien voisin d'une solution complète. Il a dû nous arrêter d'autant plus que, comme le remarque M. de Bouchepon, cet état du granite a été et est encore aujourd'hui invoqué tour à tour, à l'appui des deux théories opposées du vulcanisme et du neptunisme, et le même phénomène a servi d'arme aux défenseurs de l'une et l'autre hypothèses; mais revenons à l'*Essai sur l'histoire de la terre*.

De ce que la potasse a, en général, plus de tendance que la soude

à former des composés insolubles dans certains cas donnés, il en résulte que la première se précipitera plus tôt que la seconde; et si les deux alcalis viennent à se trouver en présence des acides fluosilicique et muriatique, en quantité nécessaire pour leur saturation, la potasse se précipitera en fluosilicate, laissant la soude dissoute à l'état de sel marin. Or, dans la nature, nous voyons le fluor avec la potasse dans le granite, et de l'autre, le chlore avec la soude dans l'eau de mer (p. 225). « Ainsi, dit l'auteur, l'exclusion réciproque de » deux corps aussi rapprochés chimiquement que le chlore et le fluor, » en regard de l'exclusion réciproque aussi de la soude et de la po- » tasse, forme un double résultat d'une concordance merveilleuse » avec le principe chimique que je viens d'exposer. » La raison de ces faits se trouve pour lui dans la formation du granite par la voie humide.

Le dépôt silicaté, que M. de Boucheporn suppose être l'élément premier du granite, n'éprouvant pas, sur le bord des parties chauffées localement, de transformations aussi complètes, parce que la pression y était moindre, diverses substances s'en dégageront par l'élévation de la température, se porteront sur les roches sédimentaires en contact, les modifieront et donneront lieu à ce que l'on a appelé des roches métamorphiques; tels sont les gneiss et les micaschistes. Ces résultats sont d'ailleurs tout à fait distincts des phénomènes de contact par le granite, lesquels n'ont jamais qu'une très faible épaisseur. De toutes les roches primitives, le granite seul serait le produit d'un précipité chimique. Les roches stratifiées primaires, au contraire, auraient été formées mécaniquement, aux dépens de ce premier dépôt dans son état original, puis transformées avec lui, plus tard, par la pénétration intermittente de la chaleur.

Il est naturel de penser (p. 233) que les corps, à l'origine de la terre, se trouvaient groupés en combinaisons définies, suivant les affinités particulières de la voie ignée; mais la présence de l'oxygène apportant de grandes difficultés pour bien concevoir ce premier état du globe, M. de Boucheporn ne recule pas devant l'hypothèse hardie de supposer à ce gaz, que nous avons vu entrer en si grande proportion dans la croûte du globe, une origine étrangère à celle des autres substances qui le composent. En en faisant abstraction, ces autres corps lui paraissent pouvoir être renfermés dans un nombre limité de combinaisons simples, déduites des affinités calorifiques, d'où l'oxygène lui-même aurait ensuite extrait les combinaisons variées que nous avons sous les yeux.

L'auteur, ainsi qu'on l'a déjà vu, regardant les idées de Buffon et de Laplace comme peu compatibles avec la théorie chimique, pense que les planètes sont étrangères au soleil et dérivent toutes d'une impulsion simultanée vers la sphère d'attraction dominante de cet astre. Il y aurait eu alors *succession* dans la provenance des deux parties constituantes du système, l'astre central d'une part, et les planètes ou ses satellites de l'autre. Si le soleil, comme le suppose en outre M. de Bouchepon, n'avait pas encore sa rotation lorsque le système de ses satellites est entré dans sa sphère d'activité, il a pu être entouré d'une atmosphère qui s'étendait jusqu'à la terre et au-delà; et en supposant que ce fluide fût de l'oxygène pur, qui n'entrerait pas positivement dans la composition originaire des planètes, il a dû en résulter, pour la terre par exemple, des conséquences très remarquables. Cette hypothèse, que l'on accordera sans doute difficilement à l'auteur, est cependant la base fondamentale de sa théorie chimique de la terre.

Parmi les corps les plus légers existant à la surface du globe, on doit, dit-il, compter l'hydrogène, et son contact avec l'oxygène, sous l'action d'une haute température, a produit l'eau. Telle est l'origine des mers. En supposant encore qu'au commencement l'hydrogène fût uni au carbone et à l'azote, il formait avec ce dernier de l'ammoniac, et de la combustion de ces sels ammoniacaux il serait encore résulté de l'eau, puis de l'azote; la mer et l'atmosphère. Enfin, l'hydrogène a pu se trouver à l'état d'hydrogène proto-carboné, qui aurait donné lieu à l'acide carbonique de l'air et de l'eau.

Les corps élémentaires que nous connaissons, réunis, à l'origine, sous l'influence ignée et sans la présence de l'oxygène (p. 238), devaient être groupés en combinaisons binaires, quaternaires, etc., dans lesquelles les corps non métalliques se trouvaient unis, comme éléments électro-négatifs, aux métaux qui étaient à l'état de sulfure, de fluorure, de chlorure, etc. L'oxygène et l'eau, agissant ensuite sur ces corps, auraient produit toutes les transformations, d'où résultent les combinaisons actuelles dans lesquelles l'oxygène joue le rôle principal. Alors se seraient formés la silice, l'alumine, la potasse, la soude, la magnésie, la chaux, l'oxyde de fer et les autres bases ou acides minéraux. Pour constituer le revêtement général de granite, ses éléments (silice, alumine, potasse et fluor) se seront trouvés seuls insolubles dans l'enveloppe fluide générale, dans l'eau, tandis que les autres éléments ont pu se trouver tous dissous, pendant cette première période des réactions chimiques de la voie hu-

mide. Puis, entrant dans le détail des combinaisons et des réactions chimiques qui auraient eu lieu successivement, détail qu'il nous est impossible de reproduire ni même de présenter d'une manière sommaire, M. de Bouchepon se résume ainsi (p. 245) :

« Telle sera pour nous la composition qu'il est rationnellement possible d'imaginer à la surface primitive du globe terrestre, pour qu'une oxydation instantanée ait pu y développer les différentes combinaisons et les masses distinctes que nous y observons actuellement : une atmosphère d'hydrogène pur, mêlé peut-être d'hydrogène carboné et d'azote ou de cyanogène, aurait entouré un noyau métallifère composé, à la partie extérieure au moins, de cyanures et de leur combinaison avec les chlorures, fluorures et sulfures; à ce mélange on peut ajouter, s'il en est besoin, des sels ammoniacaux correspondant aux divers acides hydrogénés. Sans supposer même à cette masse une chaleur considérable, l'action de l'oxygène sur quelqu'un des composés des métaux a dû déterminer une incandescence locale, capable de porter la déflagration dans tout le mélange inflammable d'oxygène et d'hydrogène, et de produire ainsi subitement la grande masse des eaux, dont les vapeurs, se condensant peu à peu sur le noyau même, ont dû exercer leur action propre sur les matières qui en formaient le revêtement. De là, par la décomposition de l'eau, oxydation des métaux, avec dégagement de carbures et sulfure d'hydrogène; de là la combinaison de la silice avec l'alumine, la potasse et le fluor et leur précipitation immédiate, élément futur des granites; de là la dissolution au contraire du chlorure de sodium, avec la quantité surexcédante des cyanures et sulfo-cyanures, comprenant ceux de calcium et de magnésium, élément futur des calcaires, des dolomies, et des sulfates alcalins de la dissolution marine. »

Nous avons dit plus haut que M. de Bouchepon ne considérait cette partie chimique de son ouvrage que comme accessoire et n'étant point indispensable à la théorie des révolutions du globe; aussi ne ferons-nous qu'une remarque relative à la supposition de l'oxygène comme provenant de l'atmosphère solaire, et par conséquent d'une source étrangère à celle des autres substances de notre planète. Cette idée nous semble, en effet, tout à fait opposée à la simplicité des grandes lois de la nature et des moyens qu'elle emploie, simplicité que l'auteur lui-même invoque souvent et avec raison. Si nous remarquons en outre que cette supposition lui a été suggérée uniquement pour favoriser une combinaison chimique, dont il ne pouvait se rendre compte

autrement, et parce qu'elle n'aurait pu, suivant lui, réussir en présence de l'oxygène, ne semblera-t-il pas que cette espèce d'expédient de laboratoire offre une disproportion énorme entre un résultat, peut-être même contestable, et la grandeur, nous dirons même l'immensité du moyen invoqué pour l'expliquer ?

La théorie générale des révolutions de la terre ne pouvant qu'être indiquée en ce moment, nous remettons à en parler dans le chapitre consacré aux soulèvements, et nous traiterons seulement ici des idées qui se rattachent à l'origine du globe et à ses mouvements.

L'idée théorique fondamentale du livre dont nous nous occupons, c'est l'instabilité de la position de l'axe de la terre, instabilité produite par des chocs de comète. C'est autour de cette hypothèse, déjà bien ancienne, que l'auteur est venu grouper, avec beaucoup de talent, les faits nombreux qu'il a rassemblés. Mais le développement de cette idée ne nous semble pas avoir été amené avec toute la méthode désirable. Il faut en chercher les preuves disséminées çà et là dans les divers chapitres, et nulle part nous n'avons vu discuter, aussi sérieusement que nous l'eussions désiré, la possibilité de cette instabilité même. Ainsi la première mention de changement dans la position de l'axe se trouve à la fin du chapitre IV, et d'une manière tout à fait accessoire, pour expliquer une partie du phénomène erratique. Il en est de même à la fin du chapitre V, qui traite de la théorie des failles d'une manière très élégante et sur laquelle nous reviendrons. Ainsi, la conséquence est posée avant les prémisses. Enfin, le chapitre VI traite du choc de la terre par une comète et des modifications qui ont dû en résulter dans la forme de son enveloppe solide extérieure.

Les géomètres qui se sont occupés du déplacement de l'axe terrestre, dit M. de Bouchepon (p. 145), n'ont considéré le globe que comme une masse solide homogène, au lieu de tenir compte d'une zone fluide placée sous l'enveloppe solide, laquelle dans le déplacement de l'axe de rotation devra se conformer au nouveau mouvement, en modifiant sa forme pour prendre celle de l'ellipsoïde par rapport à un nouvel axe. Mais l'écorce rigide ne pouvant se modifier de la même manière, il y aura des pressions du dedans au dehors, dans le sens du nouvel équateur, d'où résulteront des dislocations régulières et générales sur tout un grand cercle, les fractures planes, les failles et les redressements montagneux. Si l'on examine ce qui arriverait lors du choc d'une comète, tant pour la zone fluide interne que pour la croûte solide externe, on voit que la première se con-

formera au nouveau mouvement de rotation, en formant un nouvel ellipsoïde de révolution. La croûte solide, au contraire, ne pouvant suivre le même mouvement, sera rompue et disloquée sur certains points, à cause de l'expansion du liquide dans le sens du nouvel équateur, tandis que sur d'autres elle sera privée d'appui par le déplacement de ce même liquide, et sollicitée alors à se rapprocher du centre.

Après cette espèce d'introduction à son sujet, l'auteur s'attache à démontrer chacun des principes suivants (p. 157) :

Premier principe. « Dans le changement de rotation de la terre, » le premier effet des forces d'expansion, qui agissent dans les plans » méridiens en divergence de l'axe, sera de rompre son enveloppe » solide suivant des plans parallèles au nouvel équateur, brisement » dont la disposition reproduit ainsi les trois principaux caractères » des fractures géologiques : l'alignement, le parallélisme et l'inclinaison sur la verticale. »

Deuxième principe. « Le second effet des forces d'expansion, celui » qui résulte des réactions normales aux divers plans méridiens, est » d'écarter l'une de l'autre les parois des anciennes fissures dont la » direction est transverse à celle du nouveau mouvement de la terre ; » ce qui peut répondre au phénomène de l'élargissement des failles » et des filons, quoique l'effet principal ait dû s'exercer plutôt sur » l'approfondissement des vallées. »

Troisième principe. « L'effet des forces centripètes, dans la transformation du mouvement de rotation, et en particulier celui de » la pesanteur de l'enveloppe solide, ne produit point d'affaissements ; » il se résume en un refoulement général du revêtement de la terre » par deux séries de forces symétriquement opposées, partout horizontales, qui en déterminent le raccourcissement dans le sens du » méridien, au moyen d'ondulations alignées, parallèles entre elles et » au mouvement de la terre. Ces ondulations et ploïements, qui sont » l'origine de nos montagnes, croissent en intensité des pôles à » l'équateur, et déterminent, à l'équateur même, les chaînes les plus » considérables, lesquelles suivent ainsi l'alignement d'un des grands » cercles de la sphère terrestre, et doivent marquer sur la surface de » la terre la trace de ses équateurs successifs. »

L'application de ce principe permet à M. de Bouchepon de retrouver, sur le globe, toutes les positions qu'a occupées l'équateur dans ses différentes phases ; non seulement il croit avoir reconnu un nombre limité de grands cercles montagneux, égal à celui des for-

mations géologiques, mais encore identifié leurs directions avec les directions caractéristiques des soulèvements de chaque terrain dans l'Europe occidentale.

Quatrième principe. « Lorsque l'angle, formé par deux équateurs » consécutifs, ne dépasse pas certaines limites, les chaînes principales de montagnes, sur le plus récent, doivent se concentrer à sa partie intermédiaire entre leurs points de rencontre, et correspondre ainsi approximativement aux deux extrémités d'un même diamètre, situé dans le plan des axes. Au-dessus des valeurs moyennes, plus l'angle croît, plus les chaînes doivent occuper d'étendue, et enfin lorsque les deux cercles sont perpendiculaires, des ridements très prononcés doivent avoir lieu à leur point de rencontre même. »

Comme corollaire de ce qui précède, on peut voir qu'il y a un certain rapport entre l'accroissement de vitesse de rotation et l'amplitude ou la disposition des chaînes de montagnes; rapport qui d'ailleurs est inverse. Peut-être un jour ne sera-t-il pas impossible, si l'on parvient à mesurer exactement l'amplitude du ridement, dans les montagnes de chaque époque, d'avoir, connaissant l'inclinaison des axes, la mesure précise du raccourcissement du méridien, et, par suite, celle du changement survenu dans la vitesse de rotation à chaque cataclysme. En étendant ces considérations aux failles, l'auteur démontre, par un procédé d'abord géométrique, puis analytique, que les changements de rotation du globe en expliquent parfaitement toutes les circonstances. L'application des mêmes données à la formation des vallées le conduit au principe suivant.

Cinquième principe. « Le résultat caractéristique des failles en géologie, c'est-à-dire la différence de niveau qui les accompagne constamment, est dû à l'expansion instantanée des grandes fractures parallèles à l'équateur, par suite du changement de la courbure dans le méridien et avant le refoulement de celui-ci par la pression venue des pôles: de cette expansion résulte la chute d'un massif en surplomb, qui donne lieu, d'une part à un grand abaissement de niveau dans la faille principale, et de l'autre à la formation d'une série de fractures secondaires à niveaux échelonnés en sens inverse. Une des principales conséquences de ces mouvements est la production des vallées de fractures, et en général de toutes les dépressions du sol assujetties à un alignement exact. »

Les conséquences de l'hypothèse du changement de rotation, embrassant dans leur généralité tous les grands résultats de la géologie,

font voir que les conditions universelles de parallélisme, observées dans toutes les modifications de la surface du globe, ressortent avec rigueur des lois géométriques, et que ces résultats dynamiques se divisent en deux classes de modifications, les fractures planes et les ridements correspondant aux failles et aux montagnes. Ce double mouvement est causé par l'action simultanée des deux forces qui régissent l'équilibre des corps planétaires, la force centrifuge qui agit par expansion et rupture, la force centripète, par refoulement et réaction. Enfin les principales chaînes de montagnes sont disposées sur le contour de divers grands cercles de la sphère, comme on l'avait déjà soupçonné, et, de plus, on peut se rendre compte de la distribution de ces mêmes chaînes sur des points précis du contour de ces cercles.

L'effet du choc et le déplacement de l'axe de rotation conduit encore à ce dernier principe.

Sixième principe. « Relativement à l'eau des mers, l'effet d'un » changement de rotation sera aussi de modifier sa courbure superficielle, qui ne saurait être parallèle à celle de la surface fluide » intérieure. Elle s'en éloignera d'autant plus que la vitesse de rotation sera plus grande. De là, doit résulter, en principe, une fluctuation dans le niveau relatif des mers, à chacun de ces cataclysmes : » premièrement, selon la position de l'équateur ; en second lieu, » selon les modifications de la vitesse. Les traces de ces fluctuations » se retrouvent en effet en géologie. »

M. de Boucheporn fait voir plus loin quelles seraient les conditions climatiques, par suite des diverses positions que prendrait l'équateur terrestre, ainsi que leur influence sur les corps organisés soumis à de pareilles modifications ; puis il établit que la période houillère, par exemple, si remarquable par l'uniformité de sa végétation, sur les divers points du globe, coïncide avec une époque pendant laquelle l'équateur terrestre était presque perpendiculaire au plan de l'écliptique, disposition la plus favorable pour produire un pareil résultat. Alors, en effet, se trouvait réalisée la plus grande uniformité possible dans les températures moyennes sur la terre.

Dans le chapitre VIII, il examine la probabilité mathématique que le globe ait été rencontré par une ou plusieurs comètes ; il rappelle aussi les idées de Whiston et d'Halley à ce sujet, et surtout ce qu'il a avancé, en commençant, de l'immense durée du temps que l'on doit donner à la formation des divers terrains. Il montre également que les calculs des astronomes sur la non-probabilité des chocs d'une

comète n'embrassent qu'un petit nombre de siècles. « Mais, dit M. de » Boucheporn, quant à ces évènements, dont l'intervalle ne se » compte que par milliers de siècles, pour eux l'instant fini dispa- » rait, la durée de l'homme, de ses monuments, de ses empires, » s'anéantit et s'efface.... »

» Mais si, négligeant ces chétives durées que le souvenir de » l'homme peut atteindre, nous embrassons de nos regards l'im- » mense étendue des âges dont les dépôts et les ossuaires géologiques » nous ont conservé la trace, nous comprendrons alors que la pro- » portion des faits y puisse changer comme y change l'unité de me- » sure dans le calcul des temps. Nos évènements les moins probables » deviennent les faits réguliers de cette vaste histoire; ils forment » les combinaisons ordinaires dans l'échelle de numération conve- » nable à ces durées, dans cette vie des mondes dont nos siècles ne » forment pas un des jours. »

Après avoir posé les données du problème, l'auteur s'attache à démontrer que l'on peut admettre dix passages par an de comètes à travers le plan de l'écliptique, ce qui ne ferait en réalité que 6 ou 7, un certain nombre d'entre elles coupant plusieurs fois le plan de l'orbite. Il y aurait donc certitude d'un choc dans un espace d'environ trois millions d'années, c'est-à-dire que cet événement rentrerait dans les limites qu'il assigne moyennement aux diverses périodes géologiques. D'après le calcul des probabilités, un choc a dû venir se placer dans chacun des intervalles de durée que l'on peut assigner aux divers âges de la terre.

Telle nous paraît être, en résumé, la théorie proposée par M. de Boucheporn dans son livre, si remarquable à divers titres. Nous avons essayé, dans cette courte analyse, de faire comprendre l'originalité de plusieurs des vues de l'auteur et la manière dont il avait envisagé et traité ce vaste sujet; mais il nous a été impossible d'indiquer la richesse des détails qu'il a groupés d'une manière si heureuse autour de son hypothèse principale, et les passages que nous avons rapportés textuellement donneront difficilement une idée de l'élégance et du prestige de la forme dont il a revêtu son brillant édifice. Nous croyons cependant devoir présenter ici quelques observations, beaucoup moins dans un esprit de critique, que dans l'espoir de provoquer de la part de l'auteur de nouvelles recherches sur un sujet qu'il a déjà si habilement traité, et qui ne pourront être que très profitables à la science.

D'abord, l'assertion que tous les savants qui se sont occupés de la

question du déplacement des pôles, ont considéré implicitement la terre comme une masse homogène dont toutes les parties sont solides, n'est pas complètement exacte; car nous avons fait voir (*anté* p. 30) que M. Hopkins, dans son second mémoire (1840), et dans le troisième (1842), après avoir successivement considéré la terre comme composée, soit d'un noyau solide séparé de l'enveloppe extérieure solide par une zone fluide, soit d'un noyau fluide entouré seulement d'une écorce solide, soit enfin solide de la surface jusqu'au centre, a insisté d'une manière toute particulière sur la démonstration de la permanence de l'axe terrestre et sur la nécessité d'écarter, comme essentiellement fausse, toute hypothèse basée sur son changement.

M. de Bouchepon établit ensuite la plupart de ses conclusions, d'après les systèmes de fracture produits à chaque choc, par les forces d'expansion et de refoulement qui se manifestèrent dans les plans méridiens; mais il semble qu'il eût fallu démontrer d'abord la nécessité de ces fractures comme conséquence des chocs, et pour cela déterminer, 1° quel a dû être le minimum d'inclinaison du nouvel axe par rapport à l'ancien, pour occasionner un effet sensible à la surface par le refoulement du liquide interne; 2° quelle est la limite minimum d'épaisseur de la croûte, à laquelle a dû cesser au dehors la manifestation de la pression du liquide interne, par suite du déplacement de l'axe; 3° si les effets ont été proportionnels aux temps, ou bien, au plus ou moins d'ancienneté de leur manifestation; 4° si, d'une part, la grandeur des effets a dépendu de l'angle que formait le nouvel axe avec l'ancien, et du plus ou moins d'épaisseur de la croûte terrestre à un moment donné, et si, de l'autre, des conditions très diverses, telles que les dimensions du corps choquant, sa vitesse, sa direction relativement à l'axe de rotation et au mouvement de translation du corps choqué, n'ont pas fait varier les résultats, et cela dans quels rapports; 5° enfin, si la résistance opposée par la croûte solide n'a pas été proportionnelle aux temps; car les chocs qui ont eu lieu aux époques anciennes, alors que l'écorce terrestre était très mince, ont dû occasionner des effets très différents de ceux qui se sont produits lorsqu'elle était plus épaisse. Dans le premier cas, la surface du globe a dû présenter en quelque sorte l'image d'une mer sans bornes, couverte de glaçons qui se seront réunis et consolidés par suite du refroidissement continu, mais il n'aura pas dû rester de relief montagneux sensible pour marquer le nouvel équateur, tandis que ce résultat aura pu avoir lieu à la suite de chocs subséquents, puis aura dimi-

nué, à mesure que l'écorce augmentait d'épaisseur, et enfin aura cessé ou devra cesser tout à fait lorsque la résistance de cette même écorce aura fait ou fera équilibre à la pression exercée par le refoulement du liquide interne, lors du déplacement de l'axe. Ce sont ces divers points de vue relatifs aux effets des chocs qu'il eût été peut-être utile d'analyser d'une manière plus détaillée.

Considérons maintenant ce que peut être le choc lui-même entre deux corps, dont l'un, le corps choqué, est supposé une coque plus ou moins solide et plus ou moins épaisse suivant le temps, enveloppant un noyau fluide, le tout ayant une densité moyenne de 5,67; et l'autre, le corps choquant, une substance gazeuse, tellement rare, qu'elle ne fait pas dévier de la direction rectiligne le rayon lumineux d'une étoile placée derrière le centre même du noyau; dont la densité est inappréciable, et dont le volume n'est moyennement que $\frac{1}{1000000}$ de celui de la terre ou du corps choqué. Or, de quelque vitesse qu'on suppose animée cette substance gazeuse, est-il bien rationnel d'appliquer à cette rencontre la formule qu'emploie l'auteur? L'effet d'une pareille collision peut-il bien être soumis à l'analyse, et si la décomposition des forces peut être appréciée, n'est-elle pas beaucoup plus compliquée qu'il ne la suppose? D'un autre côté, est-il bien certain qu'un choc, susceptible de déplacer l'axe de rotation, même d'une très petite quantité, n'aurait pas été capable, surtout à une certaine époque, de briser la coque extérieure en mille morceaux, et de disperser dans l'espace le fluide intérieur? Comment concevoir que, sur quatorze chocs qui auraient eu la puissance de déplacer l'axe, pas un seul n'eût amené ce résultat?

Chacun des chocs, en déplaçant l'axe de rotation, a produit aussi un changement dans la forme du sphéroïde; or, par quel merveilleux hasard la forme statique actuelle, après ces quatorze révolutions, se trouverait-elle être exactement celle que devait avoir la terre, lors de son premier refroidissement? ou, ce qui revient au même, comment le dernier choc, qui l'a placée comme nous la voyons, et alors que la croûte avait à très peu près l'épaisseur qu'elle a aujourd'hui, aurait-il pu produire une dépression polaire précisément égale à celle qu'avait la terre encore à l'état fluide? Ce résultat, qui se concevrait peut-être pour les premiers moments de la solidification de l'enveloppe externe, ne se conçoit plus à l'époque du dernier choc invoqué par l'auteur.

Disons, en terminant, quelques mots de la probabilité du choc lui-même, sans nous jeter dans les calculs de l'infini, car la géologie

de nos jours ne les admet plus que comme des jeux de l'imagination. Un seul cas s'est encore présenté d'une comète coupant le plan de l'écliptique très près de l'orbite de la terre ; c'est celui de la comète de Biéla, petit astre à courte période, sans queue, sans apparence de noyau solide, et qui décrit, en six ans trois quarts, une ellipse peu excentrique. On évalue, à la vérité ; à 600 ou 700 le nombre des comètes constatées par des documents plus ou moins authentiques, mais il n'y en a guère que 150 dont les orbites aient été calculées. Quant à leur influence perturbatrice, on sait qu'elle est très faible et en rapport avec leur petit volume et leur densité plus faible encore. Ainsi, la comète qui en 1767 et 1770 traversa le système des satellites de Jupiter, n'occasionna pas la moindre perturbation dans les mouvements bien connus de ces petits astres.

Nous craignons donc que l'auteur des *Études sur l'histoire de la terre*, pour le mérite duquel personne d'ailleurs ne professe une estime plus sincère que nous, ne se soit exagéré les effets mécaniques de la rencontre de notre globe avec une comète, ou ne les ait pas toujours complètement appréciés. Il y aurait en outre, dans la périodicité même de ces phénomènes et dans la similitude de leurs résultats, une sorte de fatalité dont nous ne voyons pas d'exemples dans les mouvements des corps célestes, et il nous paraît encore plus simple et plus naturel de rechercher, dans la constitution même de notre planète, l'origine des causes qui en ont modifié la surface.

Appendice bibliographique.

..... — *Journal de l'Arche de Noë*. Mag. de Frazer, mars 1834.

Paraît être en contradiction sur plusieurs points avec ce que la tradition rapporte de la forme de l'Arche (voy. *Edinb. new phil. journ.*, n° 20, p. 310. 1831).

J.-C. WAGNER. — *Die sonne kinder*, etc. Les enfants du soleil ; hypothèse sur l'origine des hommes, pour les amis impartiaux de la Bible et de l'histoire naturelle. In-8. Potsdam, 1835. — Suivant l'auteur, le soleil serait la source génératrice de la terre comme des plantes et des animaux qui vivent à sa surface.

BERN. COTTA. — *Geologisches glaubens bekenntniss*. Croyances géologiques en 1835. — Freyberg, 1835 (*Neu. Jahrb.*, 1837, p. 549.)

ARIST. KAPP. — *La mortalité de la terre* (voyez son Almanach, p. 130. Kempten, 1836. — *Neu. Jahrb.*, 1836, p. 220).

JEAN HOFFMANN. — *Neue mit grunden*, etc. Nouvel exposé de l'origine de la terre et de ses dépôts, in-8. Leipsick, 1837.

- PAULA DE GRUITHUISEN. — *Kritik der neuesten theorien der Erde*, etc. Critique des plus nouvelles théories de la terre, et victoire de la nature sur les systèmes, in-8. Landshut, 1838.
- E.-A. QUITZMANN. — *Die entwickelungs geschichte der Erde*, etc. Le développement de l'histoire de la terre d'après ses différents âges, in-8, 38 p. Munich, 1838.
- J. NEPOMUK FUCHS. — *Vues sur la géogénie, qui doivent étayer le nep-tunisme au moyen de la chimie* (Gaz. d'Augusta, 1837. Nov. app., p. 444. — Traduction. *Edinb. new phil. journ.*, janv. 1839, p. 482-494). — Critique de M. BERZELIUS. (*Neu. Jahrb.* 1840, p. 86. — 1843, p. 817-822).

L'auteur examine la possibilité de produire, par une dissolution chimique, les composés qui constituent les diverses roches. Il les divise en trois séries : siliceuse, calcaire et carbonneuse.

- *Über die theorien*, etc. Sur les théories de la terre, l'amorphisme des corps compactes et l'influence réciproque de la chimie et de la minéralogie. — Réimpression augmentée, de l'ouvrage précédent et publiée par les amis de l'auteur. In-8, 88 p. Munich, 1844.
- G. JAEGER. — *Sur l'influence de la rotation de la terre, sur la formation et les changements de sa surface* (en allemand). (*Neu. Jahrb.*, 1839, p. 46-25.)
- P.-N.-C. EGEN. — *Die konstitution*, etc. La constitution de la terre et la formation de sa croûte, in-8, 90 p. Elberfeld, 1840.
- G.-C. CARUS. — *Zwölf briefe*, etc. Douze lettres sur la vie de la terre, in-8, 296 p. Stuttgart, 1844.
- C. GEMELLARO. — *Sulla influenza del regno organico*, etc. Sur l'influence du règne organique dans la formation de la croûte du globe (*Atti dell' Accad. Gioen. di Catania*, vol. XVI, p. 24. 1844).
- G. HERSCHEL (de Weimar). — *Le refroidissement de la croûte terrestre a-t-il eu lieu également ou inégalement dans divers points, et comment le magnétisme terrestre est-il en rapport avec l'origine et le développement successif du globe?* (*Neu. Jahrb.* 1844, p. 446-449.)
- F.-J. HUGI. — *Grundzuge zu einer allgemeinen*, etc. Éléments d'une considération générale de la nature, partie 1^{re}. La terre considérée comme un être organisé, in-8. Soleure, 1844.

Non seulement l'auteur retrouve dans la masse de la terre les parties principales des corps des animaux et leurs organes, mais encore les fonctions de ces mêmes organes dans les phénomènes actuels, tels que les éruptions volcaniques, les volcans de boue, les émanations gazeuses, les sources thermales, etc.

- CH. CLAY. — *Geological sketche*, etc. Esquisse géol. et observations dans la paroisse de Ashton-under-Lyne (Derby), avec un

essai pour expliquer l'origine de la terre, d'après une théorie de combinaison. Londres, 1841.

- CH. KAPP. — La formation de la terre et de son intérieur, d'après les faits observés jusqu'ici (en allemand). (*Zitsch f. vergleich Erdk. de Ludde*. Magdebourg, vol. I, p. 1-23. 1842.)
- A. KEMMERER. — Coup d'œil des théories géologiques de Werner et de Hutton (en allemand). *Schrift d. in St-Petersburg gestift, russ. k. Ges. f. d. ges. miner.*, vol. I, p. 253-268. 1842.
- F.-L. RHODE. — *Gedrangte übersicht*, etc. Coup d'œil sur les révolutions du globe et sur les créations animales et végétales anté-adamiques ensevelies dans les couches terrestres, in-8, 39 p. Darmstadt, 1842.
- H. BURMEISTER. — *Geschichte der Schopfung*, etc. Histoire de la création, exposé du développement de la terre et de ses habitants, in-8, 486 p. Leipsick, 1843. — 2^e éd., 1845.
- A. WAGNER. — *Abweisung der von H. prof. H. Burmeister*, etc. Réfutation des propositions avancées par le professeur H. Burmeister, pour la théorie géologique volcanique, et contre le texte de Moïse sur la création, in-8, 48 p. Leipsick, 1844.
- G.-F. DE JENSSEN-FUSCH. — *Der urzustand der Erde*, etc. L'état primitif de la terre et l'hypothèse d'un changement dans les pôles, expliqués par la concordance des mythes et des traditions anciennes. Recherches géologiques et historiques sur la catastrophe du déluge. — Traduction du man. danois, par Fred. Klee, in-8. Stuttgart, 1843.

Nous croyons devoir ajouter ici la note bibliographique que nous a donnée M. Boué, sur ce sujet si souvent traité, afin de guider les personnes qui seraient encore tentées de s'en occuper.

- GOBET (Observations sur la physique de Rozier, vol. IX, p. 480. 1777).
- CASSINI DE THURY (Hist. de l'Acad. de Paris. 1780 et 1784).
- HOFFNER (Mag. f. naturk. Helvet., vol. I. 1786). — WREDE (Ges. naturf. F. zu. Berlin n. Schrift, 1801, vol. III), et son ouvrage sur le pays au S. de la Baltique. 1804. — BERTRAND (J. des Mines, an VII, vol. IX, p. 243). — COUPÉ (J. de Phys. 1805, vol. VI, p. 472 et 381). — DE LAPLACE (*Expos. du syst. du monde*, éd. in-42, vol. II, p. 480. Ed. in-4, p. 277). — OLBERS (Monathlich corresp. de Zach. 1808, vol. XXII). — KLUGEL (Anfangsgrunde de astronomie. Berlin, 1819). — SANDAL. *Cosmogonia antiquitatis primæ linæ*. Hafniæ, 1819. — KLOEDEN. *Die Gestalt u. Urgeschichte der Erde*, in-8. Berlin. 1823, avec carte. — Autre éd. de 1829. — HALLMANN (Herta, 1826, vol. V, c. 3. G. geog., p. 223). — BYERLEY (Mag. of nat. hist., vol. IV, p. 308. 1834). — RICHARD PHILIPPS (Essai, 1832).
- ADHEMAR. *Les révolutions de la mer*, in-8. Paris, 1842.
- BRUCHHAUSEN. *Die periodische wieder Kehrende Eiszeiten*, in-8. Trèves, 1845.

- J. NOEGGERATH. — *Die Entstehung der Erde*. La formation du globe, in-8, 29 p. Bonn, 1843.
- AL.-F.-P. NOWAK. — *Lehre von tellurischen dampfe*. La doctrine des vapeurs telluriques, et sur la circulation de l'eau de notre terre, un pas en avant dans la connaissance de notre planète, in-8, 228 p., 1 pl. Prague, 1843.
- NEPOMUK FUCHS. — *Réponse aux critiques de Berzélius, à sa théorie de la terre* (*Neu. Jahrb.* 1844, p. 723-724 (en allemand).
- A. WAGNER. — *Naturgeschichte der Urwelt*. Histoire naturelle du monde primitif. Leipsick, 1844.
- H. HAGER. — *Wetter u. Witterung*, etc. Le temps et la météorologie, ses causes, ses caractères et ses pronostics, avec un appendice sur le sort de la terre, in-8, 88 p., 4 pl. Glogau, 1845.
- A. SONNENBERG. — *Tellus*, etc. La terre ou les principaux faits et théories de l'histoire de la création de la terre, in-8, 465 p., 2 pl. Brème, 1845.
- T.-J.-M. FORSTER. — *Essai sur l'influence des comètes sur les phénomènes de la terre*, in-8. Bruges, 1843.
- C. PEZZA. — *Saggio*, etc. Essai sur une nouvelle théorie de la terre, in-12. Turin.
- H. HENNESSY. — *Some researches*, etc. Recherches sur les rapports entre la rotation de la terre et les changements géologiques de sa surface (*London, Edinb. and Dublin, philos. Magaz.*, 3^e sér., vol. XXVII, p. 376. 1845).
- MARCEL DE SERRES. — *On the physical facts*, etc. Sur les faits physiques contenus dans la Bible, comparés aux découvertes des sciences modernes (*Edinb. new phil. journ.*, vol. XXXVIII, p. 239. 1845).
- A. WAGNER. — *Geschichte der Urwelt*, etc. Histoire du monde primitif, en ayant égard aux races humaines et à la Genèse de Moïse, in-8. 1845.
- G. MACKENSIE. — *On the cause wich has produced the present form*, etc. Sur la cause qui a produit la forme et les conditions actuelles de la surface de la terre (*Edinb. new phil. journ.*, vol. XXXVIII, p. 369. 1845).