

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel   |
| <b>Herausgeber:</b> | Société des Sciences Naturelles de Neuchâtel  |
| <b>Band:</b>        | 18 (1889-1890)  |
| <br>                |   |
| <b>Artikel:</b>     | La phase jovienne en géologie ou essai sur l'intervention des précipitations atmosphériques dans la formation de l'écorce terrestre |
| <b>Autor:</b>       | Ritter, G.  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-88296">https://doi.org/10.5169/seals-88296</a>   |

### Nutzungsbedingungen

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

### Conditions d'utilisation

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

### Terms of use

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

**Download PDF:** 10.01.2026

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

# LA PHASE JOVIENNE EN GÉOLOGIE

OU

## Essai sur l'intervention des précipitations atmosphériques dans la formation de l'écorce terrestre<sup>1</sup>

PAR M. G. RITTER, INGÉNIEUR

Les théories astronomiques modernes de la formation de notre planète nous enseignent qu'à la concentration des matières cosmiques, dont notre système planétaire était autrefois composé, est dû le développement excessif de chaleur qui maintient encore actuellement les parties internes de notre globe en pleine fusion.

L'énergie de position, ou si l'on veut, l'énergie latente de cette matière originelle excessivement ténue, puisqu'elle correspond, pour notre système planétaire entier, à environ  $5\frac{1}{4}$  kilogrammes en poids par myriamètre cube, cette énergie de position se serait transformée en calorique par les forces mécaniques qui l'ont concentrée. Le travail de cette concentration, opéré à raison de 425 kilogrammes par calorie produite, a donc fourni l'excessive température dont la Terre en formation a bénéficié.

<sup>1</sup> J'appelle période Jupitérienne ou plutôt Jovienne celle des précipitations atmosphériques qui ont contribué à la formation de l'écorce terrestre (de même qu'on dit Plutonienne et Neptunienne pour les périodes de cette formation dues à l'action du feu et de l'eau), parce que Jupiter (Zeus), dans les anciennes cosmogonies grecques, représente l'atmosphère azurée et nuageuse.

Il résulte de ces hypothèses généralement admises et des calculs qui en dérivent, que la Terre, à l'exception de la croûte correspondant à  $\frac{1}{200}$  ou  $\frac{1}{250}$  de son diamètre, serait encore actuellement à l'état pâteux si ce n'est en complète fusion.

Il n'entre point dans le cadre de ce travail d'ajouter à la valeur des nombreuses démonstrations directes déjà faites pour démontrer cet état d'ignition centrale ; toutefois je me permets de dire que sans la chaleur originelle devenue centrale, il est des phénomènes de transformation de la surface de notre globe et de son atmosphère qui resteraient incompréhensibles.

En effet, certaines explications données jusqu'ici sont de notoire insuffisance, sans cette intervention de la chaleur primordiale, due au travail de formation par voie de concentration des matières constitutives du globe terrestre.

Tels sont, par exemple, les phénomènes d'inclusion de gaz, d'eau et de dissolutions salines dans les cristaux des roches des terrains dits primitifs et même dans celles des terrains de l'époque primaire.

Tels sont les phénomènes de la vie animale et surtout de la vie végétale si luxuriante de la fin de la même époque primaire à laquelle nous devons la formation des houilles, vie qui n'aurait pu se développer sans elle dans les régions polaires où on en trouve cependant de si puissantes traces, et d'où elle a complètement disparu depuis que la chaleur originelle a cessé ses effets pour céder le pas à l'action calorifique solaire qui agit aujourd'hui presque seule à la surface du globe terrestre.

Enfin, telle est encore la cause originelle et principale de la conservation finale dans notre atmosphère

de la masse des gaz producteurs de l'eau nécessaire à la formation des mers, conservation qui s'est prolongée jusqu'après la chute complète des autres corps qui obstruaient l'atmosphère et la rendaient impropre à la vie de l'homme sur la Terre.

Comme conséquence de cette conservation dans l'atmosphère de l'eau ou de ses éléments générateurs, après la précipitation de tous les autres corps, la série des purifications successives de l'air respirable de notre planète devait nécessairement se terminer par la précipitation finale de cet excès d'eau maintenu à l'état gazeux par les effets de la chaleur centrale dont il est ici question.

C'est là la base des phénomènes de l'époque quaternaire, dite des grands ruisselements et courants d'eau, et de ceux de la période glaciaire; ce sont ces précipitations qui ont, tout en complétant les masses d'eau des mers et débarrassant l'atmosphère de son excès d'eau, assuré ce magnifique équilibre actuellement existant entre les vapeurs produites et leur chute en pluies rafraîchissantes et fécondantes, pluies qui ont permis le développement progressif et satisfaisant de l'espèce humaine sur la presque totalité de la surface terrestre.

Disons tout de suite que dans ce nouvel équilibre actuel, la chaleur centrale ne joue plus aucun rôle, puisque son action générale sur la surface de la Terre est presque nulle, tandis que c'est le soleil, formateur des saisons et des vents, qui est la principale machine, causant ou actionnant cette rotation perpétuelle entre la formation des vapeurs et leurs précipitations bien-faisantes sur la surface cultivée de notre globe.

La Terre est donc arrivée à son état de stabilité

presque indestructible et définitif, état qui durera aussi longtemps que l'action du soleil ne lui fera pas défaut; les minimes accidents dus encore à la chaleur centrale sont absolument sans influence notable sur le régime général climatérique et météorologique de notre planète, régime qui est la base du développement de l'espèce humaine ici-bas.

Cela dit, j'entre dans l'examen de quelques-unes des fonctions de la partie gazeuse de notre globe, sur lesquelles il me semble que les études géologiques faites jusqu'ici s'appesantissent trop peu et sont beaucoup trop pauvres en hypothèses, car il faut bien commencer par là pour arriver au but et finir par expliquer les choses.

La première partie qu'il importe de ne point passer sous silence est celle de l'association et de la dissociation des corps et du rôle qu'elles ont joué pendant la formation de notre planète.

A l'origine, les espaces célestes devaient donc être remplis de la matière ténue originelle et je pense qu'il est permis, sans y mettre trop d'audace, d'attribuer à cet âge un état de la matière parfaitement homogène de constitution chimique, c'est-à-dire à atomes les plus simples possibles, soit les atomes primitifs, d'où sont sortis tous les autres atomes.

Cette matière originelle cahotique a été soumise à des forces qui agissent encore aujourd'hui sur les corps qui résultent de sa concentration. De l'action de ces forces résultent les mouvements généraux de translation, comme celui de ce genre qui anime notre système planétaire et le pousse avec une grande vitesse dans la direction de la constellation d'Hercule.

Ces mêmes forces produisirent encore ces innom-

brables mouvements de rotation des astres de notre système planétaire, presque tous dans le même sens, appelés mouvements directs, allant de droite à gauche, mouvements analogues dont leurs satellites sont animés, à l'exception de quelques-uns, notamment ceux d'Uranus et de Neptune, qui marchent en sens inverse et non dans le même plan que le système orbitorial général des planètes.

L'attraction exercée les unes sur les autres par les masses de matières en voie de concentration est une force qui a encore joué un grand rôle dans la transformation de l'atome primitif en atomes de corps simples, puis dans les combinaisons binaires de ceux-ci entre eux, enfin sur ces dernières pour former les corps souvent si complexes de composition que nous offre la nature.

Il ne serait pas difficile d'exprimer en volume la masse primitive de matière cahotique qui a formé la Terre, étant connus la densité de cette Terre et son volume. En effet, connaissant la masse totale du soleil et des planètes de notre système, ainsi que l'éloignement de Neptune, le volume approchant primitif du lambeau de l'espace céleste dont les matières se sont prêtées à cette concentration; connaissant enfin la densité des planètes, une simple proportion fournirait donc le volume de la masse primitive concentrée pour former la Terre. On obtiendra par suite aisément le travail opéré en kilogrammes, et sa division par 425 donnera la température totale en calories, concentrée primitivement dans le globe par sa formation.

Ce calcul donne, suivant les astronomes, approximativement 9000 calories pour chaque kilogramme de matière.

Cette énorme température, évidemment théorique, ne suppose aucune déperdition de chaleur, tandis que la masse de plus en plus réchauffée et concentrée dut produire une radiation énorme dans les espaces célestes, radiation qui dura tant que le soleil ne vint pas y suppléer. Ce ne fut que fort tardivement que l'action de celui-ci se fit sentir, alors que la chaleur amassée dans la Terre eut presque perdu ses facultés radiantes et par suite mis fin aux pertes de chaleur interne de cette planète.

La solidification de la croûte terrestre superficielle protège aujourd'hui la masse interne contre une déperdition sensible de chaleur. Certains géologues admettent que l'influence de la chaleur centrale sur la température de la croûte terrestre n'atteint pas  $\frac{1}{30}$  de degré; autant vaut dire que toute perte de chaleur interne par voie de rayonnement a presque cessé actuellement.

Mais que s'est-il passé pendant toute l'immense série des temps comprise entre cette période de concentration à maximum de température atteinte et celle de l'époque actuelle ? C'est là ce qu'il importe d'examiner.

Repronons d'abord la question d'association et de dissociation des matériaux.

*Association et dissociation des matières formant  
les corps.*

Tout travail de concentration dégage de la chaleur : des corps divers se combinant entre eux pour former un nouveau corps se réunissent grâce à un travail de concentration, ils dégagent donc de la chaleur par

cette opération. La chaux et l'eau, en se concentrant ou en s'associant pour former un seul corps nouveau, dégagent une chaleur suffisante pour allumer de la poudre. En revanche, il faut redonner au corps formé, à l'hydrate de chaux, une chaleur telle pour le dissocier que les physiciens et les chimistes n'y sont pas encore parvenus avec les moyens actuels dont ils disposent.

Les changements d'état physique exigent ou produisent les mêmes conditions de modification de température : la vapeur d'eau perdant sa chaleur se réduit en eau, et celle-ci se transformant en un corps solide perd encore de la chaleur. La concentration se traduit par un dégagement de chaleur, de même que l'inverse, c'est-à-dire l'extension des molécules des corps exige une réintégration de chaleur; pour fondre la glace il faut la chauffer et il en est de même pour réduire l'eau en vapeur.

La simple compression de l'air ou sa concentration donne un dégagement de chaleur; par contre, l'extension de ce même air comprimé demande de la chaleur aux corps qui l'enferment et les refroidit d'une manière intense.

Travail et chaleur, kilogrammètre et calorie étant donc une même chose sous une autre forme, il existe des cas où la forme étant indifférente, l'une peut suppléer à l'autre.

Donc, si un mélange de plusieurs corps à l'état gazeux se présente dans la nature suivant les conditions de pression, de mouvement ou de température, ces corps s'associeront ou non et, dans le premier cas, vaudront à la nouvelle masse formée une température plus élevée en même temps qu'une densité

différente. Cela est parfaitement clair et simple et surtout utile à rappeler pour ce qui va suivre.

Quel est donc pour notre étude la conséquence d'un pareil système ou état de choses? La matière cosmique de la nébuleuse ou de l'anneau qui a formé notre Terre étant arrivée à un degré propice de concentration et de température pour permettre l'association des divers éléments primitifs qui constituaient cette matière, divers corps se formèrent et, plus denses que les éléments gazeux qui les engendrèrent, ils se précipitèrent et allèrent rejoindre les régions inférieures plus denses de la masse en voie de concentration de notre planète.

Cette chute enrichit par conséquent, pour les raisons précédemment indiquées, la masse concentrée, d'une grande augmentation de chaleur, tout en la rapetissant de plus en plus, avec superposition des matières par ordre de densité.

Certains de ces corps formés et précipités trouveront la couche correspondant à leur densité d'une température encore compatible avec leur existence et leur conservation, et ils y resteront.

D'autres, au contraire, furent forcés de descendre si bas pour trouver cette couche de densité semblable, qu'ils durent renoncer à l'association de leurs éléments, vu la température trop grande qui régnait encore dans cette zone de même densité qu'eux, et durent pour cette cause remonter à la surface ces éléments de nouveau dissociés.

Arrivés de nouveau à une hauteur presque égale à celle d'où ils étaient une première fois partis, ces éléments s'associèrent derechef, redescendirent et recommencèrent ces évolutions jusqu'à ce que la

contraction générale du système et son refroidissement pussent enfin leur fournir une couche à densité similaire et à température suffisamment basse pour permettre à ces corps si facétieusement associés et dissociés de se déposer définitivement.

Après de nombreuses évolutions, tous les corps formés de vapeurs ainsi combinées et concentrées trouvèrent donc une zone stable où ils sont encore, si une cause interne volcanique ne les a point déplacés ou même rejetés à la surface avec ou sans transformation nouvelle, soit physique, soit chimique.

Remarquons encore que ces évolutions de matière durent singulièrement favoriser le transport de la chaleur du centre aux régions extérieures de la masse, et par suite activer sa radiation et sa déperdition de chaleur.

Il dut en être ainsi non seulement pour les corps formés pouvant supporter de hautes températures à l'état solide et liquide, mais même pour des gaz, et ce phénomène ne s'est pas produit sans laisser des traces visibles et apparentes dont je parlerai bientôt.

Ces conditions d'association et de dissociation successives ont, on le comprend, favorisé aussi singulièrement le mélange des substances hétérogènes qui composaient d'une part la masse extérieure des vapeurs et gaz, d'autre part la masse interne des nouveaux corps concentrés.

Le refroidissement et la concentration de la masse s'effectuant de plus en plus, la transformation d'une certaine partie de celle-ci dut commencer à produire des corps passant à l'état liquide, et les premiers durent être les corps les plus réfractaires à la dissociation par la chaleur, et les plus facilement liqué-

fiables, probablement les métaux alcalins; mais leur densité si faible dut les empêcher pendant si long-temps de se classer dans la masse condensée que, la température s'abaissant encore, ils ne purent y prendre rang qu'associés à d'autres corps.

En effet, les déchirements de l'écorce terrestre ne nous montrent le potassium et le sodium, le calcium et le magnésium qu'associés à ces nombreux corps qui forment en silicates la masse des terrains éruptifs primitifs et même primaires, alors que la densité de la Terre, qui est presque double de celle de ces silicates, ainsi que les émanations des parties centrales de la Terre, qui ont rempli sous forme de filons les fissures de son écorce, nous démontrent que la partie inférieure à ces masses siliceuses renferme la plupart des autres métaux : le platine, l'or, l'argent et surtout le fer, le plomb, l'étain, le nickel, etc.

Tous ces derniers corps, bien moins riches en affinités chimiques, c'est-à-dire tendance à l'association, que les métaux alcalins, ont donc pu prendre rang dans les étages successifs du globe terrestre, alors que les métaux alcalins, formés assurément bien avant eux, ont dû attendre dans les hauteurs l'ère de formation des composés binaires ou oxydes, et même l'ère encore plus récente de la formation des sels ou silicates, qui leur ont donné la densité suffisante pour qu'ils pussent enfin se condenser et finalement s'étager à leur tour dans la masse terrestre.

Toutefois il est possible que les métaux alcalins aient pu en partie s'amalgamer avec les métaux lourds et, comme certains métalloïdes, prendre ainsi rang dans des couches plus denses que celles dans lesquelles leur densité propre leur eût assigné une place.

La faible densité de la Terre, comparée à celle des métaux proprement dits, permet cette supposition.

Ainsi donc la superposition par ordre de densité n'a point marché parallèlement et d'accord avec la formation successive des corps. Beaucoup de corps de formation plus ancienne ont dû attendre ou retourner souvent dans les hauteurs, lorsqu'ils tentaient de se précipiter dans les parties basses, soit qu'ils n'eussent pas la densité suffisante, soit qu'ayant cette densité ils trouvassent dans la couche correspondante une température incompatible avec leur existence. Ces corps donc se dissociaient ou remontaient tels quels flotter en nuages à une certaine hauteur, en attendant des conditions possibles de précipitation définitive.

Le phénomène est donc très complexe à cause de ces trois facteurs, densité, chaleur, affinité des éléments composants, facteurs si variables pour chaque corps de la nature.

On pourrait écrire des volumes sur cette question d'association, de dissociation et de mise au rang des matières ayant formé notre globe, d'autant plus qu'elle se complique d'une autre particularité non moins intéressante, savoir celle d'inclusion de substances étrangères aux masses précipitées constituant certaines formations.

### *Phénomènes d'inclusion.*

Chacun connaît la propriété des métaux d'emmagasiner des gaz dans leur masse sans se combiner avec eux.

Le palladium peut accaparer par occlusion jusqu'à 900 fois son volume d'hydrogène; les laves volcani-

ques laissent échapper, lorsqu'elles se refroidissent, de nombreux gaz inclus dans leur masse, de l'hydrogène, de l'hydrogène sulfuré, de l'acide carbonique, de l'acide sulfureux, etc., etc.

Les cristaux des roches primitives montrent parfois au microscope des cavités sphériques ou libelles renfermant des matières liquides et gazeuses : de l'eau, des chlorures, de l'acide carbonique, etc.

Cette apparition de l'eau dans les masses éruptives du granit devait naturellement engager les Neptuniens à admettre que le granit était une roche sédimentaire, puisqu'on y trouvait de l'eau à l'état libre, et de plus qu'elle présente en grande partie une cristallisation bien définie de la matière.

Or, examinons un peu ce qui a dû se passer alors, et prenons par exemple la Terre, lorsque la liquéfaction de sa grande masse métallique ou semi-métallique centrale était déjà opérée, et avant que les masses superposées ou leur équivalent en substances gazeuses originelles ne fussent condensées et réunies à la précédente.

Admettons qu'une épaisseur de 10 à 20 kilomètres des masses solides du globe fût représentée à cette époque par des vapeurs, hypothèse qui nous est bien permise; à raison d'une densité moyenne de ces couches de 2,5, la pression atmosphérique due à ces vapeurs devait, à la surface de la masse liquide inférieure déjà condensée, être de 2000 à 4000 atmosphères; or cette pression représente celle d'une charge de canon de cuirassé au moment de son explosion.

Se figure-t-on une atmosphère de vapeur et gaz de cette densité, ayant en outre 2000° à 3000° de température à la surface du globe liquide et ayant à sa

surface extérieure — 273°, c'est-à-dire la température de l'espace extérieur céleste, soit celle du zéro absolu.

Cette vapeur devait donc, sous des pressions pareilles, avoir une densité de plus de 1000 kilogrammes par mètre cube à la surface de la Terre liquide, tout en ayant une pression presque nulle à l'extrémité superficielle opposée gazeuse, c'est-à-dire à l'extérieur.

Mais, d'un autre côté, l'eau ne se liquéfie déjà plus, quelle que soit la pression, à 412° centigrades, et les éléments hydrogène et oxygène de l'eau se dissoient à 1100 ou 1200°, température incompatible avec l'existence de ce liquide.

Comment donc, avant la période granitique, concilier un état de choses comprenant, d'une part, une température double de celle compatible avec l'existence de l'eau et des densités atmosphériques telles que des corps d'un poids double de l'eau eussent pu flotter, à l'état vésiculaire bien entendu, dans l'atmosphère d'alors aussi facilement que les nuages glacés de nos cirrus des hautes régions atmosphériques le font actuellement; comment concilier cet état avec celui qu'exige la possibilité d'existence de l'eau sur la Terre, ou mieux son inclusion dans ses couches solides cristallisées? Cela est impossible sans admettre une période de transition très longue et l'intervention d'un troisième système géologique de formation des masses constituant le globe, système ayant travaillé de concert avec les actions platonniennes d'une part, dont le feu est la cause agissante, et, d'autre part, avec le système neptunien, dont l'eau est le facteur d'action.

Ce système est celui que j'appelle Jupitérien ou Jovien, c'est-à-dire *celui de la formation des corps dans l'atmosphère, et leur précipitation en gouttelettes liquides ou même cristallines solides*, pour aider à la formation des masses condensées du globe actuel.

Cette précipitation des matières atmosphériques ne s'est pas toujours traduite par des phénomènes purement physiques ou chimiques; les actions vitales en ont eu leur large part, comme nous le verrons bientôt.

Nous savons que l'eau peut revêtir dans l'atmosphère des formes bien différentes. L'état vésiculaire qui permet à ces masses d'eau visibles et apparentes de rester suspendues dans les airs sous forme de nuages plus ou moins denses, cet état a évidemment joué un très grand rôle pendant la formation des divers corps dans l'atmosphère avant leur précipitation totale.

L'état globulaire n'est assurément pas spécial à l'eau; les vapeurs des corps en général jouissent de la même propriété. Dès lors, quoi d'étonnant que les vapeurs siliceuses ou autres de l'époque de fusion du globe, que je citais tout à l'heure, aient pris cet état et voyagé dans l'atmosphère, en intercalant dans leurs vésicules un peu d'hydrogène et un peu de cet oxygène avec lequel le silicium venait de s'associer!

De même que les vésicules d'eau de nos nuages sont remplies d'air, de même les vésicules des nuages de matières d'alors étaient remplies des gaz dans lesquels ils flottaient.

Quoi d'étonnant que ces vésicules, se condensant au milieu de grandes masses, aient en descendant et en se précipitant, retenu et emprisonné définitivement

et accidentellement quelque peu de cet hydrogène et de cet oxygène, voire même des vapeurs d'autres corps, comme, par exemple, des vapeurs de chlorures, de l'acide carbonique, etc.

L'eau de pluie tombée contient de l'air, et même parfois de l'ammoniaque et de l'acide carbonique, c'est-à-dire les gaz actuels de l'atmosphère au milieu desquels elle se meut à l'état vésiculaire; pourquoi donc les vapeurs condensées des corps de l'époque jovienne n'eussent-elles point emmagasiné de l'hydrogène et de l'oxygène ou enfin d'autres vapeurs, au milieu desquelles elles se formaient et se mouvaient alors sous forme de nuages en attendant leur chute.

Une fois ces nuages tombés, leur produit a pris, en se figeant avec le temps, comme toute la masse liquide de la surface condensée, une température inférieure à 1100°; l'hydrogène et l'oxygène enfermés dans une même vésicule ont pu alors s'associer et former l'eau qu'on y constate.

Si l'eau avait été l'élément formateur du granit, celui-ci renfermerait de l'eau dite de carrière, comme toutes les autres roches sédimentaires; or la surface des masses granitiques ou les parties voisines de fissures en offrent seules; la masse profonde interne à l'abri des fissures est vierge de cette eau de carrière.

Essayant maintenant de classer et de faire concorder ces actions atmosphériques de formation et de précipitation des corps avec les âges géologiques, je proposerais de les classer en cinq périodes, savoir :

*1<sup>re</sup> période*, comprenant la formation des corps composant la partie encore fluide de notre planète ou limitée par les terrains volcaniques.

*II<sup>me</sup> période*, savoir celle correspondant à la formation des masses granitiques, porphyriques, etc.

*III<sup>me</sup> période*, comprenant celle correspondant à la précipitation des derniers corps rendant l'atmosphère impropre à la vie animale.

*IV<sup>me</sup> période*. Elle comprendrait la précipitation et la résorption des substances nuisibles aux animaux et favorables à la vie végétale.

*V<sup>me</sup> période*. Elle comprendrait enfin la purification de l'atmosphère de l'eau en excès et sa préparation définitive la rendant propre à l'existence de l'homme sur la Terre.

Entrons maintenant dans quelques détails concernant ces diverses périodes.

### PREMIÈRE PÉRIODE

Elle comprend évidemment l'étude des phénomènes cosmogoniques qui ont détaché de la masse cahotique entière de notre système planétaire celle spéciale à notre planète et qui ont fait subir à celle-ci ses premières concentrations pour lui donner la forme sphérique. Enfin, elle comprend surtout l'étude des actions premières qui ont valu à notre Terre, sortant en définitive de la même matière primitive, la propriété assurément remarquable, ou mieux, la possibilité de devenir, par des modifications successives, habitable à l'homme, but suprême de toutes ces transformations.

En l'état actuel de la science, les facteurs font considérablement défaut pour arriver à une analyse, même la plus rudimentaire, sous le rapport des

premières origines des mondes de notre système planétaire.

Toutefois l'analyse spectrale, la composition du soleil et des planètes, celle de leurs satellites, des aérolithes et poussières cosmiques d'un côté; la détermination des densités et des volumes de tous ces corps ainsi que de la matière constitutive originelle, leurs conditions de mouvement, de situation et même de température de l'autre, forment déjà une somme de données scientifiques tellement respectable, qu'elle permet d'espérer qu'on arrivera un jour à débrouiller cet écheveau qui paraît si emmêlé aujourd'hui.

Laissons donc là toute cette partie de la première période, et essayons une ébauche informe de ce qui a dû suivre.

La température des couches atmosphériques s'élevant peu à peu par la transformation de l'énergie mécanique en calorique, il arriva évidemment un moment où les atomes primitifs constitutifs de la matière cosmique, diversement sollicités, puisqu'il y avait mouvement et non équilibre, durent se modifier et s'associer pour former les atomes des corps simples et par suite ces corps eux-mêmes.

Dès lors commençaient, en raison des densités et des températures critiques, ces évolutions d'association et de dissociation, de chutes et d'ascensions, qui durent favoriser si considérablement dans cet immense laboratoire le mélange des corps nouvellement constitués. Quels furent les corps formés les premiers et occupant les couches centrales de la Terre? La densité de celle-ci va nous l'apprendre; cette densité de 5,5, se répartit en celle de 2,5 à la surface, 8,5 au milieu du rayon et 11,3 au centre, ou, suivant d'autres natu-

ralistes, 2,1, 8,5, 10,6. Quoi qu'il en soit, les métaux doivent y occuper un immense espace et s'y trouver amalgamés avec des matières légères, hydrogène, carbone et silicium ou peut-être aussi avec des métaux alcalins à affinité puissante, diminuant ainsi considérablement leur densité.

L'oxygène, qui est le corps simple le plus répandu dans la nature, puisqu'il entre pour plus de 50 % dans le poids de l'écorce solide de notre globe et qu'aujourd'hui encore l'atmosphère en recèle 21 % de son volume à l'état libre, ce corps dut évidemment promptement produire et suffire aux demandes d'association des autres corps en formant des oxydes, dont beaucoup résistent mieux à la chaleur que les métaux eux-mêmes. La silice ou oxyde de silicium est encore dans le même cas; son mélange avec l'or et l'argent dans les filons quartzeux est un fait remarquable à cet égard. Par contre, la densité de la Terre semblerait démontrer que les composés salins ne vinrent que plus tard aider à la formation des couches plus superficielles de la masse terrestre, ce qui est fort naturel, puisqu'ils ne purent que succéder à la formation des composés binaires dont ils dérivent.

On peut donc limiter, comme appréciation bien entendu, cette première période des précipitations joviennes : .

1<sup>o</sup> A la formation des corps simples, indécomposables par nos moyens chimiques et assurément les premiers sollicités à se former dans la masse cahotique.

2<sup>o</sup> A la formation de composés binaires résistant à de hautes températures et dont les éléments ont dû

s'unir dans l'atmosphère, déjà avant qu'il pût être question d'aucune agglomération de ces corps au noyau liquide central de la Terre.

3<sup>e</sup> A la chute des corps ainsi produits, d'abord celle des plus lourds et des plus réfractaires, susceptibles de former le noyau central, puis successivement de ceux formant le reste de la masse interne incandescente du globe.

A l'égard de cette première période, il ne faut pas oublier que la masse primitive cahotique devait posséder la température des espaces célestes, supposée aujourd'hui à — 273°, et qu'il a fallu avant toute chose un réchauffement mécanique considérable de cette masse, cela avant tout changement atomique.

## DEUXIÈME PÉRIODE.

*Formations joviennes de la période géologique dite des terrains primitifs de l'écorce terrestre et précédant l'apparition des océans.*

Citant textuellement M. de Lapparent dans son admirable traité de géologie à propos de la croûte primitive du globe, on y trouve ce qui suit au chapitre *Réaction exercée par l'océan primitif* (p. 647, 2<sup>me</sup> édition) :

« Avant que cette écorce fût consolidée, toute l'eau de nos océans existait certainement à l'état de vapeurs dans l'atmosphère primitive, dont la pression était pour ce motif 250 à 300 fois ce qu'elle est aujourd'hui, influant à coup sûr d'une manière marquée sur le mode de solidification de l'écume siliceuse.

Avec l'eau se trouvaient aussi en vapeurs plusieurs substances volatiles, actuellement fixées dans la nappe océanique ou dans l'écorce, notamment des chlorures et des fluorures.

« Or, à peine la croûte était-elle formée que les éléments volatils, désormais privés de toute communication avec le foyer de chaleur qui les maintenait à l'état gazeux, ont dû commencer à se condenser. On soupçonne aisément ce que pouvaient être la puissance de cristallisation et celle de dégradation dans ce premier océan si riche en principes actifs et porté à une température voisine de l'ébullition. »

Voilà donc, brièvement résumé dans un des meilleurs ouvrages, tout ce que la géologie d'aujourd'hui admet pour ce que je me permets d'appeler l'immense période de temps comprise entre la fin de la fluidité des masses de matières liquides de notre globe et l'apparition de l'eau sur la Terre.

Cela est absolument inadmissible, et voici pour quelles raisons : Les premières rides de solidification de la matière fluide devaient, à la surface du bain, correspondre à 2000 ou peut-être 2200° de température rapportée à l'échelle thermométrique actuelle.

A cette température et dans les conditions de pression qui régnaient alors, on peut dire hardiment que ce ne sont point quelques substances volatiles seulement qui se trouvaient à l'état de vapeurs dans l'atmosphère, mais une *masse formidable de ces substances*, soit déjà formées, soit encore en voie de formation dans les diverses couches plus ou moins denses et plus ou moins chaudes de la matière cosmique en voie de transformation.

Est-ce que le carbone des terrains anthracifères, houillers, celui des lignites, des tourbières et forêts actuelles, n'était point encore dans l'atmosphère?

Est-ce que l'acide carbonique de ces immenses dépôts calcaires des formations primaires, secondaires, crétacées et autres n'était point encore ailleurs que dans la masse fluide centrale?

Et combien d'autres corps du règne minéral, depuis les chlorures et fluorures cités, jusqu'à toute cette masse de substances organiques qui certes ne sont point sorties de la masse semi-métallique alors liquide, mais bien des couches de vapeurs supérieures qui en renfermaient les éléments.

Ainsi donc, sans parler de l'eau des mers en vapeurs qui existaient dans les dernières régions de l'atmosphère d'alors, ni des gaz en réserve, qui devaient finalement, comme air respirable, surnager de toute cette immense manipulation formatrice de notre monde tel qu'il est aujourd'hui, la masse fluide était enveloppée de substances volatiles représentant probablement plusieurs milliers d'atmosphères de pression.

Ces masses vaporeuses, par leur condensation et leur précipitation au fur et à mesure du refroidissement lent de la masse centrale du globe en voie de solidification, durent jouer, comme poids et volume, un rôle très considérable dans la formation des terrains de l'époque primitive. Faire abstraction d'un pareil état de choses pour admettre d'emblée la fin des précipitations de la matière cosmique primitive au moment de la solidification première de l'écorce terrestre, alors que cette matière était évidemment encore en voie de transformation dans les régions

supérieures, comme aussi admettre immédiatement la condensation et l'action de l'eau sur cette croûte à peine solidifiée, c'est là assurément chose facile à dire, mais impossible à démontrer et dont il faudra revenir peu à peu.

Lorsqu'on se livre à l'étude des roches primitives qui recouvrent la masse originairement en fusion, on est frappé d'abord de l'absence presque complète d'eau dans certaines d'entre elles, comme dans les roches granitiques et porphyriques, par exemple, sans parler d'une foule d'autres. Une action de l'océan pour la formation de ces couches eût laissé évidemment une plus grande proportion d'eau de combinaison ou d'intercalation (eau de carrière) dans ces roches, en même temps qu'un facies stratifère plus caractéristique.

Avant que l'eau des régions élevées ait pu toucher la première plaque figée du bain liquide, il a donc fallu un refroidissement suffisant pour condenser peu à peu les vapeurs des masses très considérables de matières flottant à l'état vésiculaire dans l'atmosphère; il a fallu soit la cristallisation, soit la réduction en gouttelettes amorphes de ces vapeurs et leur chute, absolument comme cela est produit aujourd'hui artificiellement dans une foule de manipulations métallurgiques ou de chimie industrielle. En d'autres termes, le phénomène s'est produit comme cela a lieu chaque jour avec l'eau par la condensation des vésicules des nuages, soit en cristaux de neige bien accentués, soit en gouttes de pluie ou même de grésil aux formes presque amorphes.

Il est évident que l'atmosphère si formidablement dense à cette époque ne s'est pas trouvée débarrassée

du coup, comme par enchantement, de toutes ses matières volatiles et vapeurs diverses, et que l'eau n'a pas commencé aussitôt sans autre son action sur les premières masses figées du bain récemment liquide.

Cette opinion n'est pas admissible et la nature procéda alors avec une sage lenteur et des transformations successives, ne déchargeant son atmosphère que peu à peu et au fur et à mesure que le lui permirent la température, les conditions de pression, enfin les lois qui président aux phénomènes d'association et de dissociation des éléments constitutifs des corps.

Au reste, la masse formidable qui recouvre et sépare le noyau primitivement en fusion des terrains sédimentaires, pas plus que ceux-ci, ne saurait avoir été extraite entièrement de la masse en fusion.

Le temps qu'exigent les coulées de lave pour se refroidir donne aussi une idée du temps énorme qu'il a fallu à la surface liquide pour se figer d'abord et recevoir les vapeurs refroidies et condensées qui la recouvriraient sur une si grande épaisseur.

L'atmosphère, de son côté, n'a pu tomber du coup des conditions de densité et de chaleur que j'ai indiquées à celles exigées pour la vie végétale et animale, qui commence à poindre dans la première période des terrains primaires et même à se développer vivement et brillamment à la fin de cet âge géologique.

Quant aux faibles quantités d'eau que l'on rencontre dans les terrains primitifs, dont la silice forme à elle seule près de 30 % du poids de leurs roches, il faut en chercher l'origine dans l'emprisonnement des gaz générateurs de cette eau, si la température était trop élevée, pour en permettre l'association, ou dans une absorption de vapeur d'eau des hautes

régions, avant la chute des corps condensés, absolument pour les mêmes raisons que le fer chaud absorbe les vapeurs de carbone et le tellure du gaz hydrogène.

En résumé, les formes si diverses des roches primaires cristallines, leur texture infiniment variée et si curieuse qu'elles ont même parfois fait croire à des traces d'organisme, le mélange si singulier de parties cristallines ou même granuleuses intercalées dans des gangues de toute espèce ou empâtées dans des matières vitreuses de nature très variable, permettent de penser que l'intervention des chutes de matières provenant de la condensation des vapeurs y a joué un rôle fort important. C'est là pour moi un fait indiscutable.

### TROISIÈME PÉRIODE

*Purification finale de l'atmosphère de tous les corps nuisibles à la vie; formation des océans d'eau chaude.*

Les masses siliceuses granitiques et porphyriques étant formées, il restait dans l'atmosphère des vapeurs d'acide carbonique, des chlorures, fluorures, bromures, des vapeurs sulfureuses et sans doute une foule d'autres corps composés, dont la conservation en vapeur peut se faire à des températures de quelques centaines de degrés.

Il existait en outre dans l'atmosphère une masse d'eau en vapeur qui, à elle seule, représentait au moins 250 à 300 atmosphères de pression.

Cette eau dut commencer à se condenser et à se précipiter dans les hautes régions pour se réduire de nouveau en vapeur dans les régions basses. Finalement, elle put prendre pied sur la croûte suffisamment refroidie des masses du terrain primitif, à une température de plus de 400°, et son action commença sous des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères. Cette action érosive produisit entre autres roches les gneiss, c'est-à-dire les premières couches analogues au granit, mais à texture plus fine et surtout possédant des caractères lithologiques et stratifiés prononcés; ces roches contiennent de l'eau dans leur composition, indépendamment des inclusions de ce liquide qu'on y remarque aussi.

Cela semblerait démontrer que c'est bien en ce moment des formations primitives de l'écorce terrestre qu'il faut admettre la condensation et la chute des premières vapeurs d'eau sur celle-ci.

L'étage des schistes, si varié depuis les siliceux aux calcaires, démontre encore par ces derniers que l'acide carbonique, alors existant en quantités énormes dans l'atmosphère, a commencé à s'associer aux oxydes métalliques formés dès la première période jovienne. Le marbre cipolin et les innombrables calco-schistes du Valais en sont chez nous des témoins rapprochés.

A cet égard, bien des faits attribués complaisamment au métamorphisme devront être rapportés, après meilleure et plus savante étude, en partie à l'action jovienne.

Pour que l'eau pût arriver enfin en contact avec la Terre, la majeure partie des substances du règne minéral, aux vapeurs plus denses et surtout à capacités

calorifiques plus grandes que celles de la vapeur d'eau, qui existaient encore dans l'atmosphère, durent disparaître et, par leurs dernières condensations, se confondre pendant une longue période de temps avec celle de l'eau elle-même.

De là évidemment les nombreuses variétés de roches si singulières que l'on trouve dans la croûte terrestre et constituant ces premières roches sédimentaires, d'autant plus variées qu'elles tenaient à la fois du feu, de l'eau et des condensations cosmiques.

La précipitation des chlorures dut alors aussi donner naissance aux éléments de salure d'abord intense des mers, et par suite aux dépôts de sel gemme; les précipitations d'eau des périodes suivantes changèrent ensuite la condition de salure des premiers océans terrestres.

Ainsi donc, la chute des substances résultant de la condensation des vapeurs atmosphériques progresse rapidement, les océans d'eau chaude sous forte pression commencent leur énergique travail et l'action jovienne diminue de plus en plus, faute d'éléments; enfin les conditions de température et de pression se modifient peu à peu, de manière à devenir bientôt accessibles à la vie organique.

Pendant la formation de l'étage cambrien, presque sans traces d'organismes et précédant la formation des étages silurien et dévonien, où la vie animale et végétale apparaît, les dernières précipitations de substances empêchant l'apparition de la vie sur la Terre étaient donc chose accomplie, et une nouvelle ère allait commencer sous ce rapport.

#### QUATRIÈME PÉRIODE

*Apparition de la vie animale et végétale sur la terre, suite des précipitations aqueuses; assimilation considérable de gaz aux couches terrestres. Marche progressive de l'atmosphère vers un état propice à l'apparition de l'homme.*

Les transformations concentratives et les chutes de matières cosmiques ayant presque définitivement pris fin de ce côté, l'apport de chaleur due au travail mécanique fut donc épuisé et la température à la surface du globe dut rapidement baisser; la chaleur centrale ne pouvant plus traverser si complètement l'épais manteau recouvrant les masses ignées qui la détenaient, la provision de chaleur accumulée devint de plus en plus impuissante à maintenir à la surface une température très élevée.

Toutefois le manteau, mauvais conducteur, était encore tiède et de température suffisante pour répandre et répartir d'un pôle à l'autre une chaleur uniforme.

L'eau des mers avait donc partout une température semblable ou quelque peu supérieure à celle que l'on constate à l'équateur au milieu du jour; ses couches profondes jouissaient de la même température, contrairement à ce qui existe aujourd'hui.

Sous l'influence de cette température uniformément répartie et supérieure à celle que le soleil pouvait donner, celui-ci était impuissant à augmenter la chaleur superficielle du globe, en admettant, ce qui n'est pas prouvé, qu'il fût déjà concentré suffisamment

pour travailler calorifiquement comme il le fait aujourd'hui.

Tant que cette température uniforme de la Terre fut supérieure à celle envoyée par le soleil, il ne put y avoir ni saisons, ni vents, ni évaporation et pluies périodiques analogues à celles de nos jours.

Une humidité correspondant au maximum de saturation de cette chaude atmosphère régnait alors partout en raison de cet état de choses.

Dans ces conditions de saturation générale, l'eau en excès ne pouvait se précipiter que peu à peu, au fur et à mesure du refroidissement général; mais l'acide carbonique put débarrasser l'atmosphère de sa présence par le fait de l'agglomération de son carbone dans les masses ligneuses d'une luxuriante végétation.

Je pense inutile de développer ici cette précipitation ou séparation du carbone grâce à la vie végétale. De nombreux ouvrages ont été écrits sur la formation des houilles et des lignites, et tout le monde est d'accord qu'il ne s'agit ici d'aucune intervention pluto-nienne, encore moins d'intervention neptunienne. L'acide carbonique, aliment nourricier des plantes, provenait donc sans conteste de l'air et y était en majeure partie déjà contenu depuis la formation originelle du carbone et de l'oxygène, sans qu'il soit utile d'en attribuer, par des chemins compliqués, la formation à des réactions chimiques ayant pour siège les masses internes du globe.

C'est donc un phénomène tout jovien de formation de ce corps et de sa précipitation partielle pour une cause tenant à la vie organique.

Une proportion non moins considérable de cet acide carbonique a été fixée par les sédiments calcaires qui l'empruntèrent à l'eau, cette dernière en contenant toujours alors une notable proportion en dissolution, empruntée elle-même à l'énorme réserve atmosphérique.

Le travail des animaux marins à coquilles, ainsi que celui des zoophytes, fut une cause également importante de disparition et de résorption de cet acide carbonique de l'atmosphère.

Cette quatrième période de l'action jovienne se résume donc principalement en une épuration considérable de l'atmosphère de son acide carbonique, sous l'influence à la fois du travail vital des végétaux et des animaux producteurs de calcaire, enfin de l'action sédimentaire; puis, comme précédemment, l'eau des mers fut augmentée du volume fourni par les précipitations aqueuses dues au refroidissement lent et progressif de l'écorce terrestre.

Commencée à l'époque primaire, cette quatrième période achève son œuvre à l'époque tertiaire.

Les quelques vapeurs d'autres corps existant peut-être encore dans l'atmosphère durent alors achever leur précipitation et leur condensation.

L'atmosphère ainsi purifiée devenait donc de plus en plus accessible et propice à l'existence d'espèces de plus en plus variées, aux organismes de plus en plus compliqués et délicats; une dernière épuration devenait encore nécessaire pour rendre la Terre accessible à l'homme, ce roi de la création.

## CINQUIÈME PÉRIODE

*Epuration définitive de l'atmosphère par la chute finale de son reliquat de vapeurs d'eau d'origine jovienne. Apparition de l'homme sur la Terre.*

Il ne restait donc plus, après le travail des quatre périodes de concentrations cosmiques auxquelles la Terre doit son origine et en grande partie son état actuel, qu'une atmosphère à peu près telle que nous la connaissons aujourd'hui, mais plus chaude et, comme la croûte terrestre, à température presque égale partout, saturée enfin de vapeurs d'eau en quantité toujours correspondante à cette température et résultant de la chaleur interne primordiale.

Le refroidissement de la Terre augmentant de plus en plus par la diminution de cette chaleur, cette perte serait finalement devenue désastreuse, si les choses eussent continué de la sorte, et toute l'eau atmosphérique eût fini par se précipiter sur la surface terrestre et se congeler. La vie eût certainement pris fin sur cette surface si, comme pour la lune, il n'y eût pas eu excès de certains corps gazeux, susceptibles de conserver par cet excès même une atmosphère indestructible à notre planète.

En effet, la lune est formée des mêmes substances empruntées au propre anneau de substance matérielle cahotique auquel nous devons la formation de notre planète; elle est chauffée par le même soleil, sphérique comme elle, animée de mouvements semblables, ayant eu aussi ses phases gazeuses, sa chaleur centrale propre, ses phénomènes de concentration des

matières, etc., etc., mais pour sa formation tout a été précipité et concentré à l'état solide. Il n'est rien resté pour constituer à ce satellite une atmosphère y permettant la vie, emmagasinant la chaleur solaire et modérant la radiation de ce calorique bienfaisant.

Ses volcans sont éteints et sa chaleur propre a probablement entièrement disparu.

C'est en un mot un astre mort-né sous le rapport de la vie organique; ses fonctions se réduisent à celles d'un simple contrepoids, si je puis m'exprimer ainsi, ou plutôt d'un appoint de matière utile au mouvement mécanique céleste de notre Terre, et c'est tout.

Notre bienheureuse atmosphère, résidu final gazeux de toutes les opérations cosmogoniques, chimiques et physiques qui ont modelé et façonné notre Terre, est donc la cause pour laquelle celle-ci a échappé au sort de beaucoup d'astres moins favorisés.

Toutefois il fallait, pour rendre notre globe habitable à une espèce aussi subtile et délicate que l'homme, une dernière préparation absolument nécessaire.

D'abord, la précipitation de toutes les vapeurs d'eau en excès, dernier reste des formations joviennes; puis la conservation de la partie seulement de ces vapeurs nécessaire à leur rotation, c'est-à-dire précipitation et reproduction perpétuelle. L'action régulière et annuelle des saisons, ou mieux, du soleil, dont le calorique remplace aujourd'hui si avantageusement à la surface la chaleur centrale perdue de notre globe, est la cause de cette rotation.

Or, par l'ordre naturel des choses, le premier but eût été atteint par le simple refroidissement complet

de la Terre et la précipitation ou la condensation des eaux sur les zones polaires froides de notre globe; mais cela n'aurait pas amené grande abondance de vie sur la surface terrestre.

Il fallait des centres de condensation répartis un peu partout et, pour cela, la création de nombreuses masses rafraîchissantes, remplaçant le froid des zones polaires, au milieu des étendues terrestres à féconder par les averses pluviales ou les inondations des fleuves alimentés par celles-ci.

J'ai, on le comprend sans peine, indiqué la formation des massifs montagneux, et ces massifs il fallait qu'ils existassent avant l'épuisement et la disparition de la vapeur d'eau due à la chaleur originelle. Autrement, il y aurait eu probablement interruption possible dans la succession des faits favorables au développement de la vie sur la Terre, ou en tout cas mauvais équilibre et résultat restreint, faute d'une préparation suffisante de terres fertiles dues, comme nous allons le constater, à cet excès même de vapeur d'eau de formation originelle.

La puissance du soleil, comme appareil calorifique, engendrant annuellement au moyen de l'eau des mers la vapeur d'eau, est limitée et même presque constante; par suite, les pluies qui peuvent en résulter sont limitées aussi elles-mêmes comme quantité, c'est pourquoi nous constatons que les massifs montagneux ont vite opéré chaque année, pour réduire par condensation la masse de ces vapeurs; la saison sèche succède partout rapidement et longuement à celle des pluies.

Les vents et courants aériens augmentent parfois ces arrivages sur un massif de condensation au détri-

ment d'un autre, mais la somme totale en reste fixe comme la puissance du soleil elle-même.

Or, en quel maigre résultat ne se traduirait pas l'érosion des montagnes et par suite l'alluvionnement des plaines, si la Terre eût été réduite, pour opérer ces travaux gigantesques, à l'eau de pluie due uniquement à l'action solaire.

Heureusement qu'il n'en a point été ainsi et que la provision de vapeur d'eau ancienne, saturant presque perpétuellement l'atmosphère pendant de longues périodes géologiques, a fourni pendant ces époques aux ruissellements, érosions, et par suite aux comblements et alluvionnements des vallées, la masse liquide nécessaire pour produire ces formidables travaux.

C'est pendant l'époque tertiaire et surtout pendant l'époque quaternaire que, sous ce rapport, la nature a opéré sur la plus large échelle.

Et comment la chaleur centrale a-t-elle donc pu agir pour produire cette vapeur en quantité indéfinie malgré la condensation qui s'en opérait perpétuellement?

D'abord par l'action directe et générale de cette chaleur centrale transmise au travers de la masse d'eau des mers, puis par l'action de cette même chaleur au moyen des brisures de l'écorce terrestre, brisures qui mettaient accidentellement, mais assez fréquemment, cette eau en contact avec des parties presque encore incandescentes de la masse centrale.

Revenons à la condensation de ces vapeurs.

Pendant la période géologique correspondant aux formations des premiers terrains primitifs, les montagnes avaient une faible altitude et leurs sommets

refroidis ne durent provoquer que peu ou point de condensation, puisque la chaleur de la croûte terrestre à la surface était incompatible avec l'existence de l'eau sur cette surface et que l'immensité d'épaisseur ou de hauteur de l'atmosphère très chaude d'alors devait rendre impossible l'émergence des sommets des montagnes dans les couches froides de cette atmosphère, donc pas de condensations de vapeurs d'eau.

A l'époque primaire, certaines condensations se sont produites, et par suite aussi l'alimentation de courants assez puissants pour produire par roulage les matériaux nécessaires à la formation des couches du vieux grès rouge, des conglomérats et grès du terrain houiller, comme aussi plus tard ceux de l'époque permienne ou triasique.

L'époque secondaire et crétacée n'ayant présenté aucun développement considérable de masses émergées, les condensations y ont été modérées et non localisées suffisamment pour engendrer des courants d'eau, pouvant produire par érosion des matériaux propres à la formation de roches gréseuses et de conglomérats.

La période tertiaire, par contre, présente déjà d'abondantes formations de ce genre de roches détritiques; nos grès des rives du Léman, ceux de nos collines molassiques, les nagelfluh des basses Alpes, sont des preuves de l'impétuosité des courants de l'époque et permettent de penser que d'abondantes chutes de neige venaient à certains moments et à de grandes hauteurs activer par leur fusion les crues de ces courants d'eau travaillant dans le voisinage des montagnes.

Mais nulle époque géologique n'a présenté ces phénomènes de courants érosifs travaillant avec autant d'intensité et opérant sur des étendues pareilles à ceux de l'époque quaternaire.

Les conditions, il faut le reconnaître, étaient admirablement propices pour cela. D'une part, une température encore élevée de la croûte terrestre à la surface et, de l'autre, des actions orogéniques craquant l'écorce terrestre, telles que jamais la production de vapeur ne fut plus abondante.

D'un autre côté, en raison même de ces dernières actions, formation d'immenses surfaces de condensation susceptibles de précipiter les masses de vapeurs produites, jusqu'à extinction complète des effets producteurs de celles-ci par la chaleur centrale.

En effet, à la fin de l'époque miocène, le massif alpin subit des actions internes d'une formidable puissance qui soulevèrent même les chaînes secondaires et calcaires des Alpes. Les Pyrénées ont alors aussi acquis leur relief définitif et, à la fin de l'époque tertiaire, après la formation du pliocène, les Apennins prennent naissance et avec elles se produisent de nombreux soulèvements de la chaîne méridionale des Alpes ainsi que les montagnes de l'Auvergne.

Est-il donc étonnant que ces formidables masses rafraîchissantes nouvellement créées, concordant avec une production encore très considérable de vapeur d'eau, due aux effets de la chaleur interne, aient produit ces énormes précipitations de pluie et surtout ces amas de neige sur les hautes régions, amas qui devaient engendrer peu à peu les glaciers envahisseurs des plaines environnantes.

Chaque nouveau soulèvement devait amener un

changement de régime dans l'intensité du phénomène et produire ces diverses périodes glaciaires avec leurs terrasses et moraines qui ont tant intrigué les géologues.

N'oublions pas aussi que les lois qui règlent la saturation de l'air et des gaz, en même temps que leurs mélanges à des températures diverses, permettent de démontrer que les conditions de précipitations que je viens d'énumérer furent encore singulièrement favorisées à cette époque, mais je ne puis m'étendre ici sur ce sujet.

Quoi qu'il en soit, ces précipitations énormes et alimentaires de ces cours d'eau tertiaires et quaternaires, qui ont modelé la surface du globe, devaient également user promptement la chaleur centrale encore disponible dans les couches de son voisinage et finalement livrer les destinées climatériques de la Terre, en fait de chaleur, à ce soleil bienfaisant auquel nous devons les saisons avec tous leurs avantages.

Au commencement, les premiers refroidissements, indépendamment de la radiation, sont dus aux phénomènes d'association et de dissociation des corps, puis suit la précipitation des vapeurs des corps de l'écorce terrestre encore si nombreux qui enrichissaient l'atmosphère; enfin arrive cette production immense des vapeurs qui ont formé l'outil qui devait combler, niveler et rendre meuble et par suite fertile la surface de notre Terre.

J'ai déjà eu l'honneur, il y a quelques mois, de parler au sein de la Société des sciences naturelles de cette présente étude à laquelle je me livre depuis plusieurs années; c'était à propos des glaciers, lors de l'intéressante communication de M. Du Pasquier

sur les phases glaciaires. J'eus alors l'avantage de dire que, selon moi, la période quaternaire avait été l'époque géologique où la Terre s'était définitivement débarrassée de l'excédant d'eau renfermée dans son atmosphère ensuite de l'effet encore très appréciable alors de la chaleur centrale.

L'époque quaternaire a été, ainsi que cela devait fatalement se produire un jour, celle où les deux facteurs, production de vapeur d'un côté et action de condensation de l'autre, ont produit le plus intense résultat érosif de l'eau, malgré la marche en sens inverse de l'intensité de ces deux facteurs.

Auparavant, l'atmosphère était saturée de vapeur d'eau et la chaleur propre du globe suffisante pour en produire, de manière à satisfaire à plusieurs fois cette saturation et cela d'autant plus qu'on recule vers l'époque primaire.

Mais la formation des surfaces de condensation suit un ordre inverse, et celles-ci agissent avec leur maximum d'intensité encore à temps, pour profiter des masses de vapeurs dues à la cause originelle de leur formation en grande quantité, c'est-à-dire à la chaleur centrale; aujourd'hui, ces surfaces n'usent plus au fur et à mesure de leur production, que la vapeur d'eau engendrée par le soleil et le peu que de temps à autre une maigre éruption volcanique produit accidentellement. Cette dernière vapeur joue un rôle si faible qu'aucune perturbation sérieuse n'en résulte dans les conditions climatériques normales dues au soleil.

J'ai également dans la même séance indiqué la cause certaine de l'apparition de la période glaciaire à l'époque quaternaire, comme aussi je me suis fait

fort de prouver que la périodicité de la réapparition des périodes glaciaires était chose normalement impossible.

Eh bien ! c'est l'étude du système jovien de formation de la croûte terrestre qui m'a conduit à ces résultats.

Je me réserve de revenir sur cette période glaciaire pour justifier ma manière de voir, sans qu'il soit nécessaire d'avoir recours, comme M. Falsan, à un soleil démesurément agrandi (hypothèse de Blandet) pour produire la vapeur d'eau nécessaire, ni à un refroidissement passager dû à la précession des équinoxes, ou enfin à la traversée par notre système planétaire de régions plus froides de l'espace céleste, appréciation fondée sur l'hypothèse de Poisson.

Quoi qu'il en soit, les vapeurs produites par le soleil sont aujourd'hui, à l'exception parfois de quelques passagères vapeurs volcaniques, le seul aliment aqueux qui forme la pluie, la neige et les glaciers actuels; la cinquième et dernière phase jovienne a donc pris fin par la disparition des vapeurs d'eau d'origine cosmique de l'atmosphère.

Celle-ci a pris un état stable et définitif, avantageux au développement de l'espèce humaine, et les quelques aérolithes et poussières cosmiques qui le troublent parfois sont des phénomènes particuliers sans influence générale aucune sur cet état de choses, et ne concernant point l'action jovienne dont je me suis occupé ici.

## CONCLUSIONS

Je me résume en disant :

Que le système des condensations et des précipitations atmosphériques généralement admis par chacun comme agent unique dès qu'il s'agit de la partie interne et centrale de notre globe, n'a pas pris fin avec la première solidification de cette partie centrale, mais a continué longtemps après.

Que cette précipitation de matériaux formés et associés dans l'atmosphère a joué un rôle sinon prépondérant, du moins encore considérable pendant l'époque de formation des terrains primitifs et des premiers océans qui furent son œuvre. L'action joviennne alla rapidement en décroissant pendant la période des formations primaires, la fixation du carbone fut son principal acte à cette époque.

Que la formation toujours plus complète des mers pendant les époques secondaire et tertiaire, ainsi que les déluges quaternaires et les phénomènes glaciaires qui en marquèrent la fin fort caractéristique, fut encore le résultat de l'activité de ce système.

Aujourd'hui, les actions joviennes ont cessé complètement, les phénomènes plutoiens ne se traduisent plus que par des accidents isolés sans importance sur l'économie générale de notre globe. Seule l'action des eaux, dite neptunienne, agit partout et reste maîtresse d'une Terre si laborieusement enfantée par des forces concurrentes, autrefois seules en jeu et qui ont fait au moins les neuf dixièmes des transformations et du travail produit.

J'ai la conviction que des études plus complètes, aidées d'expériences suffisantes, conduiront à des résultats décisifs pour déterminer d'une manière scientifique exacte les actions formatrices sur lesquelles je me suis permis d'attirer un instant la bienveillante attention de notre Société.

Mon étude renferme beaucoup d'hypothèses hasardées et certainement un grand nombre d'erreurs; on voudra bien me les pardonner, et je m'en console en me permettant d'espérer que cette étude sera utile à de plus savants et érudits que moi, pour arriver à une plus juste exposition et à une plus savante conclusion scientifique des faits que j'ai rappelés et des théories que j'ai émises.

