

Les Oscillations glaciaires

PAR

FEDERICO SACCO

LES OSCILLATIONS GLACIAIRES

PAR

FEDERICO SACCO (1)

Un des phénomènes les plus intéressants et les plus importants des glaciers est celui de leurs oscillations variées. J'ai fait récemment sur ce sujet des recherches spéciales, si bien qu'il me paraît opportun d'en entretenir brièvement la Société, en procédant graduellement à partir des oscillations glaciaires les plus simples, oscillations de saisons, pour arriver, en remontant toujours en arrière dans le temps, aux oscillations glaciaires grandioses des temps géologiques : on trouvera les considérations, nées de cette étude, schématisées dans les graphiques de la planche ci-annexée.

Oscillations saisonnières. — Si nous observons le front d'un glacier nous constatons qu'il avance en général plus ou moins pendant la saison d'hiver, tandis que, par ablation, il recule quelque peu pendant l'été. C'est là une oscillation qui est simplement en rapport avec les alternances climatiques et qui est particulièrement évidente dans les glaciers à recul graduel, ainsi que par exemple celui du Rhône, si bien étudié par les géologues suisses (fig. 1).

Oscillations historiques. — Si au contraire, nous considérons les mouvements qui s'accomplissent dans les fronts glaciaires aussi bien que dans la masse générale des glaciers pendant quelques dizaines d'années, on y observe alors des changements d'accroissement ou de diminution à intensité et grandeur variées, qui sont en général analogues et synchroniques pour chaque groupe de montagnes, avec simplement les variations individuelles pour chaque glacier en rapport avec les différentes conditions de milieu, comme l'exposition, l'encaissement, la direction et l'humidité des vents, la quantité et la distribution du matériel morainique transporté, etc.

Ainsi par exemple dans la glaciation des Alpes Occidentales on a constaté un maximum vers 1818-24, puis un recul en 1840-45, ensuite un nouveau maximum vers 1853-58, que suivit un recul intense, rapide, grandiose qui toucha son minimum en 1878-79, avec

(1) Cette note fut l'objet d'une communication orale que son auteur, le Professeur F. Sacco, fit, le 3 Mai 1920, au Congrès de Monaco en présence de S. A. S. le Prince ALBERT 1^{er}, mais qui fut publiée dans le C. R. du Congrès sous le nom de A. Roccati !

un léger avancement successif jusqu'en 1890-95, suivi par un autre recul, qui toucha son minimum vers 1910-11 ; après quoi les glaciers tendent maintenant en général à augmenter, quelques-uns même d'une façon très notable (voir fig. II).

Les recherches sur les oscillations glaciaires dans les siècles antérieurs au XIX^e, deviennent plus difficiles ; néanmoins en fouillant les archives, en recueillant les traditions locales, en examinant les anciennes moraines historiques, etc., on réussit pour quelques glaciers (par exemple pour celui du Rhône, celui de Grindelwald et pour quelques glaciers du Mont Blanc) à reconstruire, au moins d'une façon approximative, leurs anciennes oscillations.

On a pu constater ainsi que les glaciers des Alpes Occidentales, après avoir passé par une phase de grandiose et longue dépression pendant le XVI^e siècle, commencèrent vers la fin de ce même siècle à s'accroître rapidement et touchèrent un maximum (peut-être le plus grand maximum historique connu) vers 1602-10. Ils subirent après plusieurs oscillations : une dépression en 1620-30 ; une progression en 1640-45 ; un recul en 1655-60 ; une nouvelle progression en 1665-85 ; un recul notable vers 1700-10 (période pourtant dans laquelle plusieurs glaciers avancèrent) ; un maximum marqué en 1716-20 (tandis que certains reculaient) ; un nouveau recul suivi bientôt par un avancement s'accrut en 1735-43.

Un autre recul, étendu et très fort, se produit vers le milieu du XVIII^e siècle ; ensuite une progression intense culmine vers 1776-79 ; puis un autre recul à la fin du XVIII^e siècle, après quoi survint le très fort avancement qui atteignit le grand maximum de 1818-20 ; et ainsi de suite, comme je l'ai indiqué précédemment.

Qu'on observe, pour avoir une idée de ces oscillations, le graphique de la fig. III ; il synthétise les intéressantes recherches de Mougín sur les glaciers du Mont Blanc du XVI^e siècle au siècle actuel.

Oscillations protohistoriques. — Si nous voulons pousser plus en arrière les recherches sur les variations glaciaires dans les siècles antérieurs au XVI^e nous sommes privés de données historiques un peu précises. Nous pouvons déduire simplement que pendant le Moyen-Age le glacialisme alpin fut en général peu accentué, si bien qu'entre les deux versants des Alpes purent souvent s'établir des communications ethniques, commerciales, religieuses, politiques, même très étroites, qui au contraire furent entravées par la suite, et même complètement suspendues par des conditions climatiques et glaciologiques plus mauvaises.

Nous savons aussi que la culture agricole fut il y a plusieurs siècles, dans nombre de vallées alpines, beaucoup plus étendue et plus poussée que par la suite ; ce qui est de même en rapport avec cette aggravation climatologique.

Nous savons aussi qu'à l'époque romaine la glaciation alpine était relativement peu étendue, à tel point qu'un notable développement économique pût s'accomplir même dans de hautes vallées et que les recherches minières purent être poussées jusque dans les régions élevées des Alpes.

Notons encore que des faits spéciaux, tels par exemple les curieux pétroglyphes du Mont Bégo (Alpes Maritimes), nous indiquent que, dès l'âge du bronze, les glaciers s'étaient retirés d'une grande partie des hautes régions alpines qu'ils avaient précédemment occupées.

On peut d'ailleurs rappeler que de vastes régions de l'Asie et de l'Afrique septentrionale attestent qu'elles ont joui, il y a quelques milliers d'années, d'un climat favorablement pluvieux, mais qu'elles passèrent ensuite à une phase de sécheresse notable. Cela nous explique en partie les vagues de civilisation qui de temps en temps déferlèrent de ces régions, spécialement de l'Asie, vers l'Europe sous la poussée de conditions climatiques, et conséquemment de milieu, empirées, alors que ces zones asiatiques avaient été les centres de la plus ancienne civilisation humaine sur la Terre.

En plus de ces données générales, on a des données particulières qui font supposer que même en ces temps historiques, plus ou moins anciens, les glaciers subirent des oscillations.

En effet, et c'est là un fait notoire et naturel, ils sont relié dans leur développement aux variations climatologiques, soit de température, soit de précipitations atmosphériques, pluies et neiges, suivant les régions et les altitudes.

Or les données que nous possédons sur les variations des niveaux critiques de la Mer Caspienne (qui sont en rapport très étroit avec la pluviosité d'une partie de l'Euro-Asie) indiquent, par la situation des terrasses comme aussi par les souvenirs historiques, que de nombreuses oscillations climatologiques s'y sont enregistrées, ce qu'indique la ligne pointillée de la fig. IV.

D'un autre côté, pour la région américaine les recherches modernes très intéressantes de Douglass et spécialement de Huntington, fondées sur l'observation des anneaux ligneux du tronc des plantes, comme les Pins et spécialement les plurimillénaires Sequoias, ont donné la preuve que, sur des zones étendues de l'Amérique en conditions et positions analogues à celle de l'Euro-Asie, des ondulations climatologiques analogues se sont vérifiées d'une façon presque synchronique (voir la ligne continue de la fig. IV) : ce qui ne manque pas d'être très intéressant.

Il faut en outre observer qu'on note dans l'ensemble, pour les deux cas, une diminution de pluviosité des millénaires précédents l'Ere vulgaire aux suivants ; ce qu'on peut attribuer peut-être aux dernières phases de l'époque fluvio-glaciaire qui, justement, précéda la période historique de l'Humanité.

Oscillations de l'Epoque Glaciaire. — En remontant en arrière nous en sommes ainsi au 2^e millénaire avant l'Ere vulgaire ; mais si nous cherchons à pousser ces recherches encore plus loin, nous ne trouvons plus que de vagues indications.

Néanmoins si une base historique nous manque, la fameuse époque glaciaire se présente bientôt à nous avec toute la puissance de ses dépôts grandioses et étendus et de ses phénomènes variés. Depuis environ un siècle, l'étude de ces phénomènes occupe une bonne

partie des géologues et certainement elle les occupera encore beaucoup dans l'avenir, étant donné leur importance et leur développement extraordinaires.

Or, l'analyse détaillée des dépôts de l'époque glaciaire a montré que cette glaciation a, de même, présenté des oscillations nombreuses, grandes et petites. Si bien qu'en remontant des temps historiques, mais plus encore de la période actuelle ou *Holocène*, vers des temps géologiques toujours plus anciens, nous trouvons quelques ondulations ou phases glaciaires, dites stadiaires (*Dauniennne*, *Gschnitzienne* et *Buhlienne*), auxquelles correspondent des dépôts spéciaux situés essentiellement à l'intérieur des vallées (c'est-à-dire disposés successivement au long des vallées alpines), qui forment presque les points de jonction entre les moraines historiques actuelles, c'est-à-dire de ces derniers siècles (et qui demeurent encore à proximité des fronts glaciaires actuels) et les accumulations morainiques grandioses de l'Époque glaciaire (voir Act. D, G et B, de la fig. V).

Remontant encore en arrière, après la phase interglaciaire dite *Aachénienne*, on arrive aux dépôts typiques, souvent énormes, de la vraie époque glaciaire, c'est-à-dire du *Pléistocène*, dépôts qui forment souvent de vrais amphithéâtres même hors de leur vallée alpine originaire. Et sur la base de ces dépôts on peut aussi distinguer (selon leur position, conservation, etc.) trois périodes ou sous-périodes glaciaires principales, c'est-à-dire, de la plus récente à la plus ancienne la *Wurmienne* (*Mecklembourgiennne* ou *Visconsienne* de certains auteurs), la *Rissienne* (*Polandienne*, *Jowienne* ou *Illinoisienne* d'autres) et la *Mindelienne* (*Saxonienne*, *Kansannienne*, etc., de certains auteurs).

Ces trois périodes ou oscillations glaciaires positives principales sont séparées par de grandes périodes interglaciaires ou négatives, dites respectivement *Riss-Wurmienne* (*Chelleyen*, *Neudeckienne* ou *Sangamonienne* de certains auteurs) et *Mindel-Rissienne* (*Helvétienne*, *Jarmouthienne*, etc., d'autres).

Il s'agit d'oscillations glaciaires d'une importance énorme, chacune probablement de la durée de quelques milliers d'années ; grandes phases subdivisibles à leur tour en oscillations plus petites signalées par de nombreux cordons morainiques. C'est ce que dans l'ensemble j'ai cherché à indiquer par le graphique de la fig. V.

En général lorsqu'on parle d'époque glaciaire on se réfère à la fameuse, grandiose époque du Pléistocène de l'Ere quaternaire ou anthropozoïque, mais elle n'est pas la seule, ainsi qu'on l'a cru pendant longtemps. En effet, des études récentes et minutieuses, bien que non encore complètes à cause de leur notable difficulté, ont prouvé que, à travers la série sédimentaire terrestre ou stratisphère, on rencontre, plusieurs fois et en plusieurs régions de la Terre, de vrais dépôts glaciaires (morainiques, drift, till, etc., avec leurs cailloux striés et blocs erratiques caractéristiques, avec leur disposition chaotique, etc.) ; ce qui nous indique que la glaciation a eu sur la Terre plusieurs périodes de grandiose intensité, constituant ainsi des oscillations glaciaires gigantesques.

Nous en donnerons un bref aperçu, toujours en remontant méthodiquement du plus récent au plus ancien. (Voir la fig. VI).

Glaciations anciennes. — Déjà à la fin de l'Ere tertiaire ou Cénozoïque, dans le Pliocène supérieur il y eut une forte accentuation de la glaciation dite *Gunzienne* (*Scanienne*, *Nebraskienne* ou *Subaphtonienne* de quelques auteurs), vrai prélude de la grandiose époque glaciaire suivante, et à laquelle même certains auteurs voudraient la relier, mais dont elle est détachée par une phase interglaciaire *Gunz-Mindélienne* (*Norfolkienne*, *Cromérienne*, *Aphtonienne* d'autres auteurs), ainsi qu'il est indiqué à la fig. V. Mais pendant l'Ere tertiaire il y eut plusieurs autres périodes de glacialisme, par exemple à plusieurs moments du Miocène, au commencement de l'Eocène (c'est-à-dire pendant celle qu'on appelle la phase *laramique*).

Sauf quelques légères traces au cours de l'Ere secondaire ou Mésozoïque, c'est vers la fin de l'ère primaire ou Paléozoïque (avec déclin au commencement du Mésozoïque) qu'on rencontre une nouvelle et grandiose phase glaciaire, probablement beaucoup plus compliquée et peut-être plus longue et plus imposante que la fameuse glaciation quaternaire, peut-être la plus grande et la plus étendue qui se soit étendue sur la Terre et qu'on peut appeler période *anthracolitique*, comme correspondante à la période permocarbonifère.

Pendant l'Ere paléozoïque il y eut aussi d'autres périodes plus ou moins fortes de glacialisme, ainsi vers la moitié de cette ère, entre le Silurien et le Dévonien, période nommée en conséquence *prédévonienne*, et dans sa première partie, pendant le *Taconique*, nom qu'on peut aussi lui donner.

A la fin de l'Ere protérozoïque (Archaïque supérieur) et mieux dans son passage au Paléozoïque inférieur ou Cambrien, on vérifia de même une glaciation intense et répétée, que nous pouvons indiquer comme *précambrienne*.

Enfin (et il serait mieux de dire, au commencement de la série sédimentaire) on a trouvé des traces de glaciation, bien que profondément modifiées et altérées par l'intense métamorphisme de tout genre, dans les terrains de passage du Protérozoïque inférieur à l'Archéozoïque supérieur, nous indiquant une première, très ancienne, phase glaciaire vraiment archaïque que nous pouvons indiquer comme *préhuronienne*. (Voir fig. VI).

Il résulte, pourtant, comme clair et évident — par ce que je viens d'exposer, bien que d'une façon sommaire — qu'il y eut au cours de l'évolution terrestre des oscillations glaciaires répétées, grandes et petites, où, bien mieux, que pendant la vie de la Terre, des Périodes se vérifièrent, de temps en temps, plus ou moins anormales, relativement courtes, de glacialisme intense à travers de très longues périodes normales, pendant lesquelles le glacialisme n'existait pas ou était notablement réduit et limité.

Causes des oscillations glaciaires.

Après avoir examiné ainsi d'une façon synthétique les oscillations glaciaires sur la terre, une question se pose naturellement : quelle en fut la cause ?

Le glacialisme étant un phénomène étroitement connexe avec les phénomènes cli-

matico-météorologiques (spécialement le phénomène des précipitations neigeuses) il est naturel que les variations climatico-météorologiques eurent plus ou moins vite, selon les conditions locales, leur répercussion sur le développement conséquent des glaciers. Et puisque ces variations sont de leur côté connexes avec des facteurs multiples, parmi lesquels prédomine essentiellement le soleil, de ce fait les petites oscillations glaciaires de la durée de peu d'années ou de quelques dizaines d'années, doivent probablement dépendre en grande partie, plus ou moins indirectement, des variations que présente le soleil, qui, nous le savons, passe en effet par des périodes, ou cycles, plus ou moins régulières de maximum et de minimum dans son intensité thermique, magnétique, électrique, etc.

Mais si nous voulons au contraire rechercher les causes des grandes époques glaciaires, qui, de temps en temps, culminèrent au cours du long développement de la vie terrestre, la seule influence des variations périodiques de l'activité solaire ne semble plus suffisante.

C'est pourquoi plusieurs auteurs ont voulu, dans leurs explications, avoir recours à des causes extraordinaires, essentiellement astronomiques, comme la variation de l'obliquité de l'axe terrestre sur l'écliptique, de l'excentricité de l'orbite terrestre, du diamètre solaire, ou de la température des espaces traversés par la Terre, la migration des pôles, etc., tandis que je crois que la cause en question est essentiellement tellurique, tectonique, propre à la Terre même, c'est-à-dire dépendant de phénomènes hypsométriques et orographiques, essentiellement d'élévation, si bien que cette cause me semble pouvoir s'indiquer comme *orogénique* ou de *déformation corticale*.

Il est indéniable en effet qu'en plus des bradi-sismes ou mouvements lents de la croûte terrestre, celle-ci subit de temps en temps des actions plus rapides et plus énergiques, soit épeirogéniques (c'est-à-dire de mouvements continentaux et en masse), soit orogéniques, c'est-à-dire de plissements donnant naissance aux chaînes des montagnes ou les accentuant. Nous voyons les conséquences indiscutables de ce fait dans des phénomènes variés, ainsi que (tout en nous limitant au Néogène), les lignes de trous de Lithodomes, même d'âge relativement récent, situées actuellement à quelques dizaines de mètres au-dessus du niveau de la mer voisine, les plans de terrassement marin ⁽¹⁾, les dépôts marins variés ⁽²⁾ pas très anciens, portés maintenant à des centaines de mètres et même à plus de mille mètres d'altitude, etc.

Or, si une région, la région alpine par exemple, est soulevée plus ou moins rapidement de plus de mille mètres, il s'en suit naturellement :

1^o que sur elle, quant aux conditions météorologiques :

⁽¹⁾ On en rencontre de bons exemples dans le beau haut-plateau d'âge pliocénique où se trouve situé Monaco, ainsi que dans le promontoire voisin du Cap Martin et du Cap Ferrand. Rappelons de même les fameux plateaux d'Aspromonte, qui s'élèvent en gradins gigantesques jusqu'à atteindre 1200 mètres, etc.

⁽²⁾ On en a de nombreux exemples dans la Ligurie, mais spécialement dans les Alpes et les Apennins, où parfois nous trouvons des dépôts avec fossiles marins pliocéniques situés à plus de 1000 mètres au-dessus du niveau de la mer.

a) on passe du régime sublittoral ou méditerranéen précédent (à précipitations atmosphériques assez abondantes pendant le printemps et l'automne, mais avec une sécheresse prolongée pendant l'hiver et spécialement l'été) au régime continental, à précipitations atmosphériques grandes et prolongées à partir du printemps jusqu'à l'automne avancé, souvent même avec une accentuation pendant l'été ; — b) les précipitations atmosphériques deviennent dans l'ensemble beaucoup plus abondantes, soit comme pluie, soit comme neige, selon les altitudes, les latitudes, les saisons, etc., arrivant souvent à 4-5 mètres et même 9-10 mètres par an ; — c) le régime nival de la haute montagne s'étend très amplement, c'est-à-dire avec des précipitations très importantes dans la période de septembre-octobre à mai.

2° Comme conséquence du soulèvement augmenté d'un millier de mètres, la zone des neiges persistantes s'abaisse d'autant et partant elle s'étend énormément, tandis que les neiges deviennent, de même, beaucoup plus puissantes à la suite des motifs sus-indiqués.

3° Il en dérivera conséquemment, par une naturelle aussi bien qu'immédiate conséquence de l'accroissement des névés, la formation d'accumulations glaciaires, d'où se détachent des glaciers immenses descendant dans les vallées alpines, quelques-uns même, les plus grands, jusqu'à déboucher dans les plaines circumalpines.

4° Une autre conséquence sera enfin que l'écoulement des eaux, auparavant simplement à type pluvial, avec quelques crues et fortes décrues alternées, deviendra énormément plus abondant, plus régulier, à type glacio-nival, c'est-à-dire avec une seule décrue pendant l'hiver et au contraire une très longue période de grande crue allant du printemps à l'automne.

En somme il suffirait du soulèvement d'un millier de mètres pour que la région alpine en général se transformât de façon à donner lieu à un grandiose phénomène fluvio-glaciaire.

Cette quantité de soulèvement doit précisément avoir eu lieu à la fin de l'Ere tertiaire ainsi que le prouvent d'une manière très claire les dépôts marins pliocéniques, les terrasses marines, etc., soulevés à plus de mille mètres, comme je l'ai déjà indiqué, donnant ainsi naissance (sans l'intervention de causes extraordinaires) à la fameuse époque fluvio-glaciaire (1), subdivisible, comme je l'ai dit, en plusieurs périodes correspondantes aux moments (presque saccadés) de plus grande intensité du phénomène orogénique général.

Si l'on considère dans leur ensemble les répétitions de la glaciation avec une intensité et une grandeur variables pendant l'évolution terrestre, on arrive à la conclusion qu'elles ne représentent pas un fait isolé, mais bien un phénomène spécial et très intéressant quoique partiel. C'est-à-dire qu'il fait partie d'une ensemble de phénomènes très compliqués,

(1) Pour les détails voir F. SACCO : Le condizioni meteorologico-idrologiche dell' Era quaternaria e la causa dei periodi glaciali. *Mem. R. Acc. Lincei* ; Roma, 1920.

dont on a les preuves les plus variées et qui résulte en substance de grandioses diastrophismes orogénico-épéirogéniques, avec plissements, cassures, glissements, transgressions, et autres phénomènes géo-tectoniques variés, rajeunissements oro-hydrographiques, etc., accompagnés naturellement, en profondeur, par le plutonisme et, à la surface, par les séismes et le volcanisme, avec leur cortège d'émissions de gaz, cendres, vapeurs influant sur la constitution de l'atmosphère en relation avec diverses conséquences climatologiques ⁽¹⁾. D'où, partant, des variations non seulement dans la forme, l'ampleur et l'altitude des continents, mais dans les courants marins, continentaux et atmosphériques, dans la pression barométrique, dans la climatologie, etc. ; augmentation des précipitations atmosphériques et constitution conséquente du régime diluvien avec forte augmentation de l'activité érosive et alluvionale en rapport avec l'accroissement du continentalisme de la surface terrestre; et enfin (par l'augmentation des précipitations neigeuses et l'extension des zones à neiges persistantes) développement de la glaciation là où les conditions de latitude et d'altitude le permettent.

Ces périodes diastrophiques épéiro-orogéniques déformatives et transformatives (essentiellement d'élévation), sismico-volcaniques, mio-thermiques (c'est-à-dire à climat surtout continental), à sédimentation, (littorale et en partie continentale), plutôt rapide, puissante et grossière (avec sables, graviers, et souvent carbonifère), durent s'affirmer de temps en temps comme de vraies périodes critiques, variables d'intensité et de durée, presque des phases de cataclysmes au cours de longues périodes anorogéniques de repos, (ou stase ou pause), orogénique et de même sismico-volcanique ; presque seulement d'abaissement ou d'accroissement cortical ; pliothermiques (c'est-à-dire avec climat à préférence océanique, doux et subuniforme) ayant une notable extension océanique, des précipitations atmosphériques pas trop abondantes à type océanique ou méditerranéen ; à sédimentation essentiellement marine plutôt lente et tranquille (argilo-calcaire, etc.) souvent transgressives sur les phases précédentes, à physionomie « *actualistique* » correspondant dans l'ensemble à la phase géologique actuelle.

Ces périodes diastrophiques, parfois, presque de cataclysmes, causées par la rapide expansion des énergies thermo-dynamiques endogènes accumulées au cours de longues périodes orogéniques jusqu'à vaincre la résistance corticale de la lithosphère, rappellent assez bien les *Révolutions du Globe* de CUVIER, qui depuis presque un siècle furent d'abord combattues, puis oubliées par les géologues ; ceux-ci furent attirés presque complètement par l'*Actualisme*, la théorie lyellienne, exacte spécialement pour le période géologique actuelle, mais qui néanmoins ne doit pas faire oublier que la théorie cuviérienne a elle aussi une partie de vrai, même au point de vue biologique, pour plusieurs périodes de la vie terrestre.

(1) Voir à ce propos les idées de TARAMELLI et de SARASIN et les observations positives récentes de HUMPHREYS, ABBOT et JOWLE.

En effet il est naturel que, tandis que la vie organique marine au cours des longues et tranquilles périodes anorogéniques, dût-être très intense et se développer graduellement comme par une vraie évolution *darwinienne* (*l. sensu*), au contraire pendant les périodes, relativement brèves, diastrophiques, orogéniques, tandis qu'une partie des organismes marins subissait une action partiellement dépressive et destructive (par des causes oro-hydrographiques, thermiques et sédimentaires ; par le rétrécissement et le changement de leur aire de développement, etc.), d'autres organismes marins, et spécialement les continentaux, étaient poussés et presque obligés (souvent sous peine de devoir disparaître) à se transformer rapidement, presque par sauts, c'est-à-dire avec une évolution *devriésienne*.

Ainsi se vérifièrent de vraies crises organiques très importantes et qui nous expliquent nombre de phénomènes de disparition, d'apparition et de transformation presque subites, qui nous sont révélées par la Paléontologie, avec répercussion conséquente sur la Biologie de la Terre.

Ainsi, pour nous limiter à un simple aperçu, le *diastrophisme archéen*, dut produire la *crise préhuronienne* (ou *éohuronienne* ou *laurentienne*) par où l'évolution organique du stade primitif protophytico-protozoaire put passer respectivement au thophytique (*l. s.*) et au coelentératique et vermoïde avec ses principales explications métazoariques d'Invertébrés aquatiques.

Après un mouvement orogénique *mésohuronien* ou *mésabianique* survenu vers la moitié de l'Ere protérozoïque, le *diastrophisme algonkien* (ou *huronien* ou *pénochéen* ou *post-Keewenien*) donna naissance à la *crise précambrienne* (ou *écambrienne*), point de départ de l'explosion ptérydophytique et ichtyoidée.

Les diastrophismes s'étant succédé à une non grande distance géologique, pendant le développement de l'Ere paléozoïque, c'est-à-dire *ordovicien* et ensuite *calédonien*, occasionnèrent respectivement la *crise taconique* et la *prédevonique* (ou *éodévoniennne*) avec le développement ultérieur des Ptérydophytes et l'amorcement de l'évolution soit gymnospermique des végétaux, soit amphibioidée des Vertébrés.

Le gigantesque et complexe *diastrophisme hercynien* (ou *armoricaïn-variscien* ou *arkansien-armoricaïn*), le plus grand peut-être qui soit survenu au cours de l'évolution de la face de la Terre après sa constitution corticale, produisit naturellement une immense *crise anthracolitique* ou *permo-carbonifère*, caractérisée par sa continentalité prononcée, ce qui porta naturellement à l'énorme développement ptérydophytique-gymnospermique des végétaux en général (d'où les extraordinaires accumulations de charbon de terre) avec plusieurs groupes phytologiques nouveaux, comme aussi à l'évolution très importante autant que variée des Insectes primitifs (même volants) et des Sauropsoidés (même à tendance mammaloïde), tandis que la même crise détruisait pourtant une quantité de groupes organiques variés, tels que Anthozoaires tabulés, Graptolithes, Cystoïdés, Blastoïdés, Crinoïdés en grand nombre, Paléoochinidés, de très nombreux Brachiopodes, les Gigantostraciens, les Trilobites, les Poissons placodermiques, etc.

Après la longue et tranquille ère mésozoïque, pendant laquelle commencèrent (mais en restant néanmoins presque à l'état latent) les hautes évolutions angiospermiqnes, avioïdées et mammaloïdées, cette ère se ferma par un nouveau, intense et complexe diastrophisme *alpin* (ou *orégonien* ou *post-comanchien*) qui produisit la caractéristique *crise laramique*, avec la destruction d'une quantité de groupes zoologiques très importants (comme Ammonites, Belemnites, Nérinées, Dicératites, Hyppuritides, Inocérames, etc.) et la décadence complète du grand règne des Reptiles, tandis qu'au contraire elle produisait une vraie et magnifique explosion dans le développement des Plantes à fleurs, ou angiospermiqnes, des Insectes, des Oiseaux et des Mammifères ; cette évolution étant de même accélérée, intensifiée et rendue plus variée par les changements de milieu, en rapport avec les saccades orogéniques survenues spécialement au commencement de l'Oligocène et plusieurs fois pendant la miocène (*diastrophismes mésomiocénique, antilléennère, etc.*).

Enfin le puissant *diastrophisme apenninique*, qui, presque comme terminaison de l'Alpin, clôtura l'ère cénozoïque ou tertiaire, ouvrant l'Anthropozoïque ou Quaternaire (pendant laquelle il s'accrut plusieurs fois, se réduisant ensuite vers la période actuelle), produisit la fameuse *crise fluvio-glaciaire* ou *pleistocénique*, qui comporta la disparition d'une quantité de formes végétales et animales terrestres, mais suscita par ailleurs l'humanisation de certains anthropoïdes élevés, portant ainsi à l'épanouissement du règne de l'homme sur la Terre.

Si bien qu'il est à prévoir (puisque les énergies thermo-dynamiques de l'intérieur terrestre montrent encore une certaine activité, révélée par les phénomènes sismico-volcaniques et autres semblables) que dans une période géologique future, on vérifiera un nouveau diastrophisme important, qu'on pourrait appeler *postholocénique* ou *océanidique*, par la naissance de reliefs insulaires et d'archipels au milieu de certains océans.

Par ce diastrophisme s'ouvrira une véritable ère *psychozoïque* et une partie de l'Humanité pourra évoluer vers un état très élevé, surhumain, hyperpsychique.

16 mars 1923.

EXPLICATION DE LA PLANCHE GRAPHIQUE

- I. Oscillations de saisons du front du glacier du Rhône en retrait (1887-1899).
- II. Oscillations des glaciers du Mont-Blanc (—) et du Mont-Rosa (.....). (1770-1920).
- III. Oscillations moyennes des glaciers du Mont-Blanc pendant les derniers siècles.
- IV. Oscillations climatiques dans l'Amérique du Nord occ. (—) et dans l'Asie centr. (.....) pendant les derniers milléniums.
- V. Oscillations glaciologiques sur la Terre pendant l'Ere quaternaire.
- VI. Oscillations glaciologiques sur la Terre à travers les Eres géologiques.



