

SGN
962

ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE
DE
LA TERRE
ET
ANCIENNETÉ DE L'HOMME

PAR

Alphonse CELS



BRUXELLES

J. LEBÈGUE & C^o, LIBRAIRES-ÉDITEURS
46, RUE DE LA MADELEINE, 46

1909

ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE DE LA TERRE

ET

ANCIENNETÉ DE L'HOMME

Bruxelles. — Imprimerie J. JANSSENS, rue des Armuriers, 25.

ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE
DE
LA TERRE
ET
ANCIENNETÉ DE L'HOMME

PAR

Alphonse CELS



BRUXELLES
J. LEBÈGUE & C^{ie}, LIBRAIRES-ÉDITEURS
46, RUE DE LA MADELEINE, 46

Exclu de P

**BIBLIOTHÈQUE
DE L'UST**

SGN 9

BIBLIOTHÈQUE
DE L'ÉTAT

PRÉFACE

Ce livre est l'esquisse d'une nouvelle théorie géologique de la Terre; le premier jet s'en trouve dans *Ancienneté de l'homme*.

Grâce au savant et érudit ouvrage de M. le professeur L. de Launay : *la Science géologique, ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire*, j'ai pu donner à la susdite théorie, quelques développements indispensables qui élucident la question de l'origine du Monde et de la vie à sa surface.

Un affectueux souvenir à mon pauvre ami, feu le professeur Jean Bertrand : il appela mon attention sur l'œuvre magistrale de l'éminent professeur de géologie de l'École nationale supérieure des mines de Paris.

A. C.

Septembre 1909.

TABLE DES MATIÈRES

	PAGES
CHAPITRE 1 ^{er}	
Évolution géologique de la Terre	I
CHAPITRE II	
Erosion de la matière terrestre	72
CHAPITRE III	
Transport de la matière terrestre	77
CHAPITRE IV	
Sédimentation de la matière terrestre	86
CHAPITRE V	
Cristallisation de la matière terrestre	132
CHAPITRE VI	
Métamorphisme de la matière terrestre	142
CHAPITRE VII	
Volcanisme de la matière terrestre	170
CHAPITRE VIII	
Considérations géologiques, paléontologiques et anthropologiques	201

ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE DE LA TERRE

ET ANCIENNETÉ DE L'HOMME

CHAPITRE PREMIER

ÉVOLUTION GÉOLOGIQUE DE LA TERRE

L'état de choses actuel de la Terre est dû à la constante et lente élaboration de la Nature; son point de départ, s'il existe, est perdu dans un passé indéfini.

Pour ce qui est de la transformation du Globe, nous commençons à dépasser la simple perception des phénomènes; malgré la fugacité de certains, l'extrême lenteur de tels autres, la complexité de beaucoup et la localisation de tous, nous entrevoyons les lois dont les connexions constituent probablement une évolution; cette évolution s'étend même au groupement et à l'agencement de la matière terrestre, base de tous les terrains qui constamment sont formés, remaniés, anéantis et reconstitués par les forces qui modifient peu à peu la structure de la Terre.

Bien avant qu'on arrivât à la compréhension de

la loi de l'évolution terrestre, d'innombrables faits ont été séparément constatés; beaucoup de phénomènes des régions superficielles sont déjà scientifiquement déterminés, quoique certains d'entre eux soient si lents à se modifier qu'ils en deviennent pour ainsi dire imperceptibles; la durée de ces phénomènes géologiques à épisodes distincts séparés par des intervalles considérables de repos plus ou moins complet, ne s'exagère-t-elle pas dans le temps de façon aussi démesurée que certaines distances sidérales dans l'espace? Preuve en est donnée par les grandes chaînes de montagnes qui toutes sont formations récentes et éphémères de la structure du Globe; certaines sont pulvérisées et transportées aux bassins de sédimentation, d'autres sont en voie d'émergence: mais telle est la lenteur des transitions qu'elles ne s'affirment à l'observation qu'après une période fort longue, des milliers de siècles, en donnant même le change aux esprits sur l'immutabilité de la Terre; n'assistons-nous pas à l'effondrement du bassin de la Méditerranée, et ce phénomène géologique n'a-t-il pas débuté longtemps avant l'ère historique? Le déluge soi-disant universel (1) en est probablement le plus ancien épisode dont le souvenir a été conservé, et encore le temps qui sépare cet épisode ancien de ceux d'aujourd'hui ne peut donner qu'une faible idée de la lenteur de ces transformations du relief terrestre ainsi que du caractère éminemment provisoire de son état; aussi,

(1) Voir SUESS, LA FACE DE LA TERRE, t. I^{er}, *le Déluge*.

certaines montagnes de la Grèce dont l'imagination poétique a fait le séjour de dieux et de monstres, croyant ces accidents du sol témoins des premiers âges du monde, ne sont en réalité que les témoins de dépôts géologiques de date relativement récente. La catastrophe de 526 fit environ cent cinquante mille victimes sur le littoral méditerranéen; celle de 1693, en Sicile, fit soixante mille victimes; tout le bassin de la Méditerranée ainsi que les pays riverains sont sujets aux ébranlements du sol à intervalles plus ou moins espacés; ils sont un des foyers les plus actifs de la production des ondes sismiques; les appareils sismographiques fonctionnant de nos jours, démontrent que l'écorce terrestre est dans un état permanent d'agitation, preuve palpable de son instabilité. Est-ce que l'existence de sédiments marins, partout répandus en formations discontinues aussi bien dans le sens horizontal que dans le sens vertical, à la surface et dans le sous-sol, ne fournit pas preuves surabondantes des déplacements continuels des mers et des continents? C'est surtout dans les montagnes que les traces des dislocations de la croûte terrestre sont manifestes; les strates s'y montrent fracturées, redressées, plissées, parfois renversées sur elles-mêmes et découpées par des cassures en lambeaux.

L'épouvantable catastrophe de Messine n'est que l'épisode le plus récent de cette œuvre de longue durée : transformation probable de la Méditerranée en Océan!...

En y cinglant dans quelques siècles, des naviga-

teurs se diront : « Ici fut l'Italie, ici fut Rome, la Maîtresse du Monde! la Ville Éternelle! »

Pauvres humains pétris de poussière et d'orgueil.

« Oh ! dire que cette poignée de terre qui tenait le monde sous son obéissance, rapièce peut-être un mur pour fermer passage à la bise d'hiver!... (1). »

Quant aux phénomènes de l'intérieur du Globe, que leur localisation rend inobservables, ils nous sont ou totalement inconnus, insoupçonnés même, ou ne peuvent être appréciés que par inférence basée sur l'analyse de faits constatés à la surface, tels les affleurements actuels de formations des profondeurs du sol; cependant la boussole, le pendule et les appareils géodésiques fournissent déjà de précieuses indications relatives à la constitution du sous-sol. De ces difficultés d'observation et d'interprétation résultent encore beaucoup d'erreurs; la théorie de l'évolution terrestre que je vais tenter d'édifier en portera les traces; elle en gardera un caractère assez hypothétique pour inquiéter les sagaces géologues qui prudemment ont amassé les matériaux scientifiques que d'autres comme moi, mettent peut-être imprudemment en œuvre : « gens volontiers impatientes, toujours pressés d'affirmer et de relier entre elles des solutions que la prudence scientifique porte à différer (2) ». Les phénomènes géologiques étant d'ailleurs parmi les plus complexes des phénomènes terrestres, inévitablement il

(1) SHAKESPEARE, *Hamlet*, acte V, sc. 1.

(2) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 7, Paris, 1905.

est souvent difficile de les déterminer et de les classer d'une façon exacte ; peu de sciences présentent des difficultés comparables à celles de la géologie, et ce par la subordination de celle-ci à presque toutes les autres sciences naturelles ; la géogénie ne peut donc être encore que bien conjecturale ; les facteurs les plus dissemblables n'interviennent-ils pas dans la structure du Globe ; des forces matérielles et des forces organiques n'y participent-elles pas ? Il en résulte que mon essai est encore bien mal assuré dans plusieurs de ses parties : ainsi, par des approximations successives dont la vraisemblance augmente et s'affermi, évolue la science vers la vérité.

Une question préalable.

De l'interprétation des phénomènes d'évolution géologique résulte, à mon avis, qu'outre leur teneur physique, chimique et mécanique, ils ont en plus quelque chose de particulier qui les rapproche des phénomènes organiques, c'est-à-dire une analogie assez accusée avec ces derniers pour les distinguer nettement des phénomènes exclusivement matériels ; certes, les phénomènes de l'évolution de la matière terrestre, pas plus d'ailleurs que les phénomènes vitaux, ne transgressent les lois physiques, chimiques et mécaniques ; mais le dynamisme du Globe tient à la fois en quelque sorte de la vie et des phénomènes de matérialité pure ; j'estime que sans être un organisme vivant comme l'homme et l'animal, la Terre, dans l'ensemble de ses phénomènes, révèle quelque chose de plus et d'une autre

essence qu'un dynamisme exclusivement matériel ; il y a en elle une véritable évolution réalisée par des fonctions distinctes, en quelque sorte corrélatives, dont quelques-unes ont des analogies bien caractérisées avec des fonctions végétatives d'un corps vivant : circulation de matière, production de substances organiques et oxydations, corrélation de ces fonctions entre elles, dont l'une prépare les matériaux indispensables à l'activité de celle qui la suit, et, les dominant toutes, l'évolution ; aussi, il me paraît que l'évidente ordonnance qui préside à la structure de la croûte terrestre, dénote incontestablement une activité comprenant un système de fonctions, qui se résout en une véritable évolution de la matière terrestre, c'est-à-dire que l'histoire générale du Globe est la réalisation d'une série ininterrompue d'états distincts dont l'ensemble offre plus d'analogie avec la vie qu'avec le dynamisme d'une chose exclusivement matérielle. Contrairement à un bloc inerte dont l'état solide ne peut être modifié que par une force extérieure, la Terre semble se manipuler elle-même ; et que signifient ses productions ? Dans nos laboratoires, nos usines et nos ateliers, c'est nous qui mettons en œuvre la matière, en la soumettant à des réactifs, à de la chaleur, de l'électricité, des pressions ; mais les plus beaux produits de la science, de l'art et de l'industrie n'atteignent pas en puissance aux colossales merveilles de la Nature ; la Terre est donc plus qu'une masse de matière en mouvement, puisqu'elle se meut en se transformant, en évoluant ; elle con-

ditionne en outre la vie des plantes, des animaux et de l'humanité, et c'est là une fonction à laquelle la matière exclusivement inorganique ne suffirait pas (1). N'est-ce pas grâce à son évolution que la Terre est organisée et habitable? Si elle en était réduite aux forces physiques, chimiques et mécaniques, le nivellement des matériaux terrestres ne se produirait-il pas dans l'ordre de leur densité respective, et la surface du sol dépourvue d'accidents, ne serait-elle pas entièrement recouverte d'une nappe d'eau d'environ 2,500 mètres de profondeur (2)?

Interrogez les touristes : presque tous ils n'emportent du mont Blanc que l'impression d'une colossale montagne; ils laissent à d'autres d'y percevoir un organe terrestre, dont les fonctions consistent à condenser la vapeur d'eau de l'atmosphère, à en faire de la glace, des glaciers, des cours d'eau; les plaines en seront fertilisées, les habitants s'y abreuveront. Passe que le touriste ne voit que bateaux sur ce fleuve, d'autres savent qu'il est le véhicule des produits de l'érosion : matériaux de sédimentation de régions nouvelles en formation au sein des mers, dans lesquelles nos descendants planteront leurs choux. Encore n'est-ce pas cela seulement qui me porte à croire que la Terre est mieux qu'une masse de matière gravitant autour du soleil; outre les phénomènes généraux de la Nature, auxquels notre

(1) Voir CELS, A., SCIENCE DE L'HOMME, *Mésologie*, p. 348.

(2) Voir SUESS, E., *la Face de la Terre*, trad. de Margerie, t. I^{er}, p. 2, et DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 61.

Globe participe, il s'y produit des phénomènes géologiques, ayant les allures d'une évolution individuelle propre à la Terre.

Telle est la question préalable.

Dès l'interprétation plus ou moins exacte des phénomènes géologiques, se sont fait jour les similitudes de certains d'entre eux, ayant cependant pour théâtre des régions distinctes fort éloignées les unes des autres; dès lors aussi, coordinations et généralisations partielles, formulées en lois sous le nom de sédimentation, érosion, volcanisme, car, malgré la diversité des phénomènes en eux-mêmes et selon leur localisation respective, ils ont des caractères communs qui persistent, imprimant à certains ensembles une incontestable unité; celle-ci est l'essence de la fonction; enfin il a été constaté que ces lois n'étaient que des phases particulières ou fonctions de la transformation générale du Globe, qui en est la loi d'évolution. En effet, l'évolution géologique est un cycle renouvelé sans cesse, de transformations ininterrompues, et localisées à la surface et dans les profondeurs du sol, de telle façon que nulle fonction n'est le commencement ni la fin de ce cycle, ni son point de départ, ni son aboutissement; la structure actuelle du Globe n'est donc qu'un résultat momentané de son évolution, un état de choses éphémère, une date de l'histoire de la Terre.

« La chaîne alpine nous apparaît, aujourd'hui, sous la forme d'une haute et massive saillie, qui atteint près de 5,000 mètres au-dessus de la mer; il

semble, à première vue, que ce soit un élément fondamental, particulièrement ancien et stable, de l'ossature terrestre. Les plus simples études géologiques montrent cependant qu'il n'en est rien, puisque l'on trouve, jusqu'aux sommets des Alpes, des sédiments formés dans les eaux de la mer et puisque, parmi ces sédiments, il en est de tout à fait récents; on a là la preuve incontestable que la mer passait, récemment encore, sur une grande partie de l'emplacement aujourd'hui occupé par les Alpes. Loin d'être un élément ancien de la structure terrestre, les Alpes, considérées comme saillie montagneuse, en sont un élément très jeune et c'est leur jeunesse, qui leur laisse cet aspect déchiqueté, ces hérissements de pointes, chers aux ascensionnistes. Si elles étaient un peu plus vieilles, l'érosion leur aurait donné l'aspect plus arrondi, plus émoussé des Pyrénées; si elles étaient plus vieilles encore, elles seraient réduites à un grand plateau comme la Bretagne (1). »

A la géologie, la paléo-géographie est redevable de ses documents, de leurs relations et de leur interprétation, dont les assemblages successifs doivent former ses cartes; le paléo-géographe décrit les changements de la topographie de la surface de la Terre; il fait l'histoire de son évolution à la surface du sol : « J'ai dit que le but de la paléo-géographie était de reconstituer, pour les diverses périodes de l'histoire géologique, les images successives de la

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 380.

Terre, avec la répartition de ses continents et de ses mers, son relief orographique, ses courants marins, ses climats, sa faune, sa flore, etc..., afin de comparer ces images entre elles et de découvrir, s'il se peut, les lois générales de leur évolution (1). »

Comme je l'ai exposé dans mon essai : *Ancienneté de l'homme* (2), le dynamisme du Globe n'a pas seulement pour effet d'en transformer la surface, mais, dans la partie de la croûte terrestre que nous connaissons, se produit une véritable circulation de la matière terrestre, descendante par l'érosion, le transport, la sédimentation et ascendante par l'action du métamorphisme et plus particulièrement du volcanisme ; « loin d'être inerte, la croûte terrestre est animée d'une incessante et prodigieuse activité intérieure, d'où son instabilité permanente, c'est-à-dire que toute formation, quelle que soit sa composition matérielle, est éphémère (3) ; » aucun terrain ne persiste indéfiniment ni comme gisement, ni comme structure ; tous se déplacent et se transforment continuellement, mais lentement : lenteur à rendre imperceptibles certains effets des phénomènes géologiques : pas d'évaluation possible ni en années, ni même en siècles ; on affirmerait sans erreur que le commencement et la fin de la plupart des formations géologiques sont séparés par de tels intervalles de temps, qu'ils sont actuel-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 441.

(2) CELS, A., *Ancienneté de l'homme*, Bruxelles, 1905.

(3) IDEM, *Ibid.*, p. 64.

lement incommensurables. Quant à inférer de là, erronément, à la durée indéfinie des formations géologiques, à leur stabilité, à leur persistance dans le temps! Pas de terrain, par conséquent, dont la formation remonte à quelque croûte primitivement solidifiée et base de tous les autres dépôts, soit à des époques différentes, d'où dateraient les terrains de même composition; tous les terrains se forment à toutes les époques; l'âge d'un terrain est indépendant de sa texture; il date de l'époque de sa formation, comme terrain ou comme dépôt; en général, la texture est transformée avec la durée, au point de ne conserver plus la moindre trace de sa composition originelle; les systèmes géologiques, pas plus que les terrains, ne sont donc des points de repère dans le temps, des dates géologiques même approximatives (1).

Si ce que je n'hésite pas à affirmer aussi catégoriquement est exact, et l'érudit et savant ouvrage *la Science géologique* m'en fournira, je pense, assez de preuves péremptoires, je ne saurais me ranger à l'avis du professeur de Launay, en fait de paléogéographie :

« I. — *Tracé des cartes géographiques anciennes.*

» Il s'agit, en résumé, — quoique, dans l'état actuel de la science, une telle prétention puisse sembler bien ambitieuse, de tracer, pour une époque quel-

(1) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 309 à 331. 2^e Altérations de la zone superficielle. Considération du niveau hydrosta-

conque, un véritable atlas de géographie physique, analogue à ceux que l'on dresse pour l'époque actuelle, comprenant, non-seulement la distribution relative des continents et des mers, mais des cartes hypsométriques et bathométriques avec le relief du sol dessiné par lignes de niveau, des cartes des climats, des courants, des faunes et de la flore, voire même, puisqu'on leur fait aujourd'hui une place dans les atlas géographiques, des cartes géologiques de la surface de l'époque considérée. Cet atlas, pour offrir quelque utilité, exige une précision rigoureuse, surtout dans l'ordre d'idées chronologique. Il faut que les éléments d'une même carte soient, non pas à peu près, mais exactement du même âge : sans quoi les transformations constantes de la superficie peuvent les rendre contradictoires et leur enlever toute valeur (1). »

C'est chose admise par les géologues, dont je suis loin d'accepter l'opinion, qu'en des temps suffisamment reculés, un climat uniforme régnait de l'équateur aux pôles : « l'uniformité presque absolue des climats à toutes les latitudes semble bien démontrée, au moins jusqu'à l'époque carbonifère (2). » Or, voici précisément un des points à apparence paradoxale, que mon essai a pour but de démon-

trique. Altérations des anciennes époques géologiques. Oxydation, cémentation et décalcification; silification; production de minéraux; altérations des roches cristallines et de leurs minéraux divers, des terrains sédimentaires et des minerais métallifères. Mouvements de terrains produits par l'altération.

(1) VOIR DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 249.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 454.

trer : si, dans l'atlas paléo-géographique dont le professeur de Launay trace le programme, il était suffisamment tenu compte de l'équateur et des pôles, ainsi que des espèces animales et végétales disparues, la constitution géologique de la surface et de l'intérieur du sol, à une époque quelconque, voire assez ancienne pour lui appliquer l'opinion de ces géologues, ne différerait pas essentiellement de son état actuel, — exception faite évidemment en ce qui concerne la distribution des zones torride, tempérées et glaciales, ainsi que de celles des continents, des mers, des chaînes de montagnes, ainsi de suite.

L'histoire de notre planète ne s'est-elle pas toujours déroulée au milieu de conditions générales astronomiques et terrestres identiques? Au point de vue sidéral, la Terre n'aurait donc pas changé, tandis qu'au point de vue spécial, comme organisme sidéral individuel, par son évolution propre, elle modifierait graduellement sa flore, sa faune et son humanité, et la distribution de ses différentes régions internes et superficielles, en rapport avec la gravitation universelle.

Ne semble-t-il donc pas que la doctrine de l'*uniformitarisme* portant la puissante empreinte du génie de Lyell, qui par ses *Principes de géologie* (1) en assura les bases, doive se compléter de la théorie

(1) LYELL, CH., *Principles of geology : being an inquiry how far the former changes of the Earth's surface are referable to causes now in operation*. London, 1835, 4th edition, 4 vol.

de l'évolution terrestre, ainsi que du principe de l'éternité de la matière et peut-être même de celle de notre petit Globe avec sa flore, sa faune et son humanité. Cette idée d'un perpétuel recommencement d'une évolution sans fin fut entrevue par J. Hutton (1) : « Dans l'économie du monde... je ne puis trouver ni les traces d'un commencement, ni la perspective d'une fin (2). » On sait que ce savant illustre n'admettait pas l'hypothèse de la fluidité primitive de la Terre; il prétendait que sa structure a toujours été la même et que les révolutions n'ont jamais été que partielles. Une conséquence importante de cette conception de l'organisme terrestre, est le néant des recherches relatives à la création ou formation du monde et surtout de l'homme.

Je pense que les différences essentielles d'où aussi les mécomptes, proviendraient des difficultés souvent insurmontables de la reconstitution des étages géologiques, d'après la méthode préconisée. Si je ne me trompe, chaque carte paléo-géographique devrait représenter un de ces étages, c'est-à-dire l'ensemble de la terre ferme et des îles à une époque quelconque de l'histoire de la Terre. Or, que résulte-t-il inévitablement de ce que les terrains actuellement similaires ne sont pas toujours formations synchroniques? Les divers compartiments d'un étage ne seraient pas en tous cas de *plain-pied*,

(1) HUTTON, J., *Theory of the Earth with proofs and illustrations*.
Edinburgh, 1795, London, 1899, 3 vol.

(2) LYELL, CH., *Principes*, t. 1^{er}, p. 97.

c'est-à dire à un niveau géologique uniforme en même temps; les horizons auxquels on aboutirait ne répondraient pas à la réalité, parce que composés de régions à niveaux discordants : nouveau labyrinthe dans lequel un futur Thésée se retrouvera peut-être le jour où Ariane l'aura muni du fil conducteur. Semblables reconstitutions sont-elles même possibles, vu que s'il existe des témoins d'un étage relativement ancien, ils peuvent avoir été complètement transformés depuis sa disparition ?

« Les géologues ont, comme je l'ai dit, la prétention de reconstituer l'image complète de la Terre à une époque quelconque (1). »

Quelque reconstitution locale peut-être; encore! relativement récente : pâle et vague image où apparaîtrait de plus en plus une pénurie de documents croissant avec l'ancienneté de la reconstitution.

N'est-il pas incontestable que la méthode préconisée par le professeur de Launay ne pourrait donner de résultats exacts que si, au moins, chaque système de formations géologiques était dû à une époque précise; mais tel n'est pas évidemment le cas; le fait est, au contraire, que des terrains ayant actuellement la similitude la plus complète ne sont pas pour cela contemporains; les cartes paléo-géographiques faites d'après la susdite méthode ne peuvent en conséquence donner que les dimensions et les niveaux actuels des terrains dont composition et structure ont maintenant assez de similitudes.

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 261. Voir pp. 488 et suiv.

pour être classés sous une même rubrique ; c'est-à-dire que ces terrains seront ainsi groupés selon leur état géologique actuel et nullement d'après leur âge de formation (1).

Voici quelques preuves de ce que j'avance :

« Principes fondamentaux, mais approximatifs.

2. Une formation continue et de même nature dans toute son extension correspond à une période de dépôt déterminée ; elle est partout du même âge.

3. L'aspect extérieur d'un terrain peut, dans une certaine mesure, indiquer son âge pour une région déterminée. Par exemple, en France, une ardoise sera primaire, une couche de houille carbonifère, un sable meuble tertiaire.

4. Inversement, les dépôts d'un même âge ont, tout au moins

« Restrictions.

2. Les expériences de M. Fayol montrent que les diverses parties d'une même couche dans le sens horizontal ont pu se déposer pendant plusieurs périodes successives. Ce fait, depuis longtemps admis pour les dépôts lacustres, peut même exister pour des couches franchement marines. En tous cas, il faut absolument exclure les terrains construits par des organismes, comme les récifs coraliens ou hippuritiques.

3. Ce principe, extrêmement dangereux dans l'application, doit être constamment vérifié, même pour des régions très restreintes ; étendu un peu loin, il a conduit aux plus grosses erreurs de la géologie ..

4. Ce principe est parfois inexact même dans des limites

(1) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit. Esquisses paléo-géographiques.

dans un certain rayon, un même faciès.

5. L'ensemble de la Terre a présenté, dans les temps anciens, une uniformité générale de climats et de conditions physiques, disparue seulement dans les temps modernes, qui permet d'admettre, pour la faune et la flore d'une époque, des caractères d'universalité facilitant la détermination.

6. L'âge d'une couche est déterminé par un fossile ou par une faune fossile. »

etc... (1).

étroites, puisque, sur une même côte, il peut se déposer, à la fois, des sables, des galets, des argiles et des calcaires.

5. Ce principe, d'une application si commode, comporte des exceptions de plus en plus nombreuses et pourrait bien être fondé, en partie, sur la connaissance beaucoup plus sommaire que nous avons de ces faunes anciennes, qui, sans doute, étaient moins abondantes, moins variées et surtout dont la plus grande portion a disparu par un métamorphisme plus habituel.

6. Un fossile est, en principe, absolument insuffisant; car il peut être d'une forme à évolution lente. Une faune même peut induire en erreur; car elle peut caractériser surtout un faciès ou une profondeur d'eau, plus encore qu'un âge; elle pourrait même théoriquement, quoique le cas semble rare en pratique, correspondre à une colonie retardataire ou avancée. »

Si je ne me trompe fort, l'examen de cartes paléo-géographiques doit provoquer encore bien d'autres objections, puisées dans le savant et érudit

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 219.

ouvrage qu'est *la Science géologique*, objections suivies « de grosses incertitudes, dont témoignent les contradictions des savants entre eux, ou celles d'un savant consciencieux avec lui-même (1) ». Aussi que faire? sinon en appeler respectueusement de cette malencontreuse « prétention de reconstituer l'image complète de la Terre à une époque quelconque », au professeur éminent, au savant de premier ordre, au grand novateur, dont l'ouvrage magistral *la Science géologique* sera le point de départ d'une réforme radicale non-seulement de la géologie, mais aussi de la cosmologie. « La notion d'âge, que l'on a souvent appliquée autrefois, est plus fâcheuse encore et doit être totalement abandonnée en pétrographie pour une foule de raisons : d'abord, parce qu'elle suppose une détermination préalable, toujours hypothétique, de l'âge en question et qu'elle ne comporte donc pas la rigueur absolue, que nous exigeons d'une classification; ensuite, et surtout, parce que l'hypothèse la plus vraisemblable aujourd'hui relativement à l'âge des roches est, comme nous le verrons bientôt, qu'il a pu se former, à toutes les époques, ou du moins dans une série de périodes diverses, des roches identiques. Par conséquent, distinguer, comme on le faisait jadis, un basalte tertiaire d'un mélaphyre ancien, une lave moderne d'une andésite tertiaire et d'une porphyrite carbonifère ou silurienne, une rhyolite d'un porphyre pétrosiliceux, uniquement

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 337.

parce qu'on les sait ou les croit d'âges différents, est une erreur du même genre et plus grave encore que celle, qui a fait autrefois donner au même fossile quatre ou cinq noms, quand on le rencontrait dans quatre ou cinq terrains différents. C'est masquer, sous des divergences de dénomination, l'unité réelle du phénomène (1). »

Après avoir rappelé, si toutefois il en est besoin, que les sédiments se forment et se transforment en quelque sorte sous nos yeux : en de nombreuses régions du Globe il a été actuellement constaté que les bassins de sédimentation se déplacent et se transforment de façon nettement accusée pendant la période actuelle; preuve en est dans les changements localisés du niveau relatif de certaines terres et des mers qui les baignent; il en est de positivement constatés dans le littoral de la mer du Nord, qui est d'ailleurs elle-même de date récente; dans la Baltique certains rivages sont depuis longtemps invariables, tandis que d'autres ont subi des variations et des déformations; les côtes de l'Italie, de la Grèce, de l'Albanie présentent des indices de submersion (2). Ce sont donc bien conséquences de mouvements relativement indépendants et localisés de certaines régions du sol, preuves de son instabilité.

N'est-il donc pas logique de se demander ce qui

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 541.

(2) Voir DE LAPPARENT, GÉOLOGIE, *Oscillations des lignes de rivage*, pp. 575 et suiv.

reste de l'invariabilité des différentes couches de la croûte terrestre, et partant de leur classification actuelle en époques primaire, secondaire et tertiaire?

« Les roches d'origine interne ne sont pas toujours le produit d'un acte unique de consolidation. » écrit le professeur de Lapparent (1) et cet acte unique de consolidation serait la *formation primitive*. La réalité me semble au contraire être *les roches d'origine interne ne sont jamais le produit d'un acte unique de consolidation*, mais elles résultent ou de la transformation de sédiments par cristallisation et métamorphisme, si elles sont stratifiées, ou d'une transformation ultérieure par volcanisme, si elles sont à l'état de magma, de roche éruptive ou de lave.

« Une question très débattue est celle de savoir s'il convient, dans une classification, de faire entrer en ligne de compte l'âge des roches éruptives. Il est assez admissible que la composition du magma fluide sous-jacent à l'écorce ait subi une variation progressive, les pâtes superficielles acides s'épuisant peu à peu et les éléments volatils dégagés par le noyau pouvant ne pas demeurer toujours les mêmes, en quantité ou en qualité. D'autre part, on a cru longtemps à l'existence d'un *hiatus* entre les éruptions de l'ère primaire et celles de l'ère tertiaire...

« Cependant le progrès des observations a amené

(1) VOIR DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 598.

à reconnaître, dans certaines parties du monde, d'importantes séries d'épanchements, par lesquels se comble entièrement la lacune qu'on avait cru constater dans la série chronologique des éruptions. D'autre part, il y a de nombreuses roches modernes qui ne diffèrent par aucun caractère appréciable des types anciens de la même famille. Il ne paraît donc plus possible d'assigner à la notion d'âge un rôle efficace dans la classification. Du moins ne peut-elle intervenir qu'à titre tout-à-fait accessoire (1). »

Oserai je ajouter qu'il me semble incontestable que le dynamisme terrestre, soi-disant des premiers âges, ne diffère en rien du dynamisme actuel ; que l'état de la surface de la Terre était sensiblement similaire, comme structure générale à ce qu'il est actuellement, et que l'homme n'a pas dû attendre, qu'elle fût suffisamment préparée, pour y *apparaître*, venant on ne sait d'où (2).

Au sujet des documents géologiques, paléontologiques et anthropologiques dont nous disposons actuellement, je me permettrai de rappeler deux passages (le dernier légèrement modifié) de mes considérations relatives à l'ancienneté de l'homme : « Il résulte incontestablement de la dynamique terrestre que la forme matérielle de tous les êtres, ainsi que les produits de l'art et de l'industrie, sont soumis à *une loi générale d'anéantissement*; un jour

(1) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 624.

(2) Voir CELS, A., *Science de l'homme*, p. 35.

viendra où tout ce qui anime, embellit et poétise actuellement la surface de la Terre sera englouti dans les profondeurs du sol et transformé en matière informe, jusqu'à ce qu'une révolution locale de la croûte terrestre, ramène cette matière à la surface, où elle pourra participer de nouveau à des combinaisons chimiques et organiques : semblable au Phénix qui renaît de ses cendres, le monde moderne s'édifie des débris des anciens mondes ; la Terre est à la fois toujours jeune et toujours vieille ; elle n'a pas été créée, elle se crée continuellement par l'activité des forces qui lui sont propres et des forces inhérentes à son milieu.

« Des documents de l'histoire des flores et des faunes successives, ainsi que des transformations du sol, nous n'avons donc à notre disposition que les plus récents et, exceptionnellement, quelques-uns de ceux qui, par leur nature spéciale, tels les coquilles et les fossiles silicifiés, résistent plus longtemps à l'anéantissement final.

« En conséquence, il y a lieu d'être fort circonspect au sujet de l'âge relatif des dépôts et des fossiles qu'ils contiennent. Il est de fait que beaucoup de régions du Globe sont pour ainsi dire à l'état de repos, en ce sens qu'aucune sédimentation nouvelle ne s'y produit, alors que d'autres régions sont le théâtre de sédimentations et de perturbations considérables et répétées. N'en est-il pas de même à une certaine distance de la surface du sol ? N'est-il pas plus que probable que des strates intérieures de certaines régions soient soumises à un

métamorphisme intense, alors que des strates de la même époque géologique, mais situées dans d'autres régions, sont dans un état de stabilité relative? N'en résulte-t-il pas que certains dépôts superficiels, ayant conservé leur nature sédimentaire, sont plus anciens que certaines strates profondes d'un métamorphisme relativement avancé? Il n'est donc pas du tout certain que toutes les roches primaires soient de la même époque, ni qu'elles soient les plus anciennes, ni surtout qu'elles soient les plus anciennes, parce que dépourvues de fossiles!

« Il est, au contraire, à présumer que la couche dite primitive ou archéenne, loin d'être le résultat de la première solidification de notre Globe, n'est que la partie de la croûte terrestre actuellement à l'état du métamorphisme le plus avancé :

.

« Je me rallie, en conséquence, à l'opinion de M. Rosenbusch, d'après qui la roche primitive ou *Grundgebirge* est d'une époque quelconque, variable selon les régions du globe; c'est un *faciès* que toutes les roches présenteront tôt ou tard.

« Cette question capitale, dont la solution définitive révolutionnera la géologie, la paléontologie et l'anthropologie, a été magistralement esquissée par le savant professeur de géologie et de minéralogie de l'université d'Heidelberg, dans sa dissertation intitulée : *Zur Auffassung des Grundgebirge*, dont la conclusion suit : « Denken wir uns daher das Grundgebirge einen Augenblick seines schieferigen

Gefüges entkleidet und reconstruiren wir aus der heutigen metamorphen Facies den ursprünglichen Bestand, dann haben wir — von der ältesten Erstarungskruste abgesehen — das Bild einer normalen geologischen Formationsreihe (1). » De ce passage, M. Rosenbusch a eu l'extrême obligeance de m'envoyer la traduction suivante : « En nous représentant, donc, pour un moment les couches fondamentales dépouillées de leur structure cristallophyllienne et en reconstruisant de leur facies métamorphique actuel leur constitution originelle, nous aurons devant nous — abstraction faite de la croûte fondamentale de solidification — l'image d'un groupe normal de formation géologique. »

« Et c'est des documents géologiques et paléontologiques actuels qu'on prétend inférer l'histoire complète de notre planète !? Mais n'apparaissent-ils pas comme incomplets, en perpétuelle transformation ! Leur insuffisance en résulte, manifeste. Et cependant, que de contemporains n'hésitent pas à rattacher à l'origine de la Terre, les plus anciens d'entre eux ! Quelle erreur inconcevable : la situation actuelle de la surface du Globe prise pour terme d'une évolution progressive et non interrompue depuis un état gazeux initial ! Alors que, chose incontestable, la croûte terrestre varie sans cesse de composition par sa constante rénovation ! Tous les débris du passé ne se décomposent-ils pas,

(1) Separat Abdruck aus dem *Neuen Jahrbuch für Mineralogie, etc.*, 1889, Band II, p. 96.

jusqu'à disparaître complètement, à mesure que les transformations du sol les engagent plus avant dans ses profondeurs? Dans les plus anciens fossiles que nous possédions, nous ne pouvons donc affirmer retrouver les animaux témoins de l'état organique initial de notre planète; ils proviennent d'animaux dont certaines parties fossilisées, retenues dans des failles, ou arrêtées par suite d'un accident géologique, ont de la sorte occupé un gisement exceptionnel, grâce auquel ils ont résisté plus longtemps que leurs congénères à l'action destructive des forces qui agissent dans les profondeurs du sol; il arrive également que des formes organiques soient préservées de la destruction, parce que leur matière constitutive a été silicifiée ou remplacée de toute autre manière, mais il n'en est pas moins certain que tout doit finir quand même par anéantissement final.

« Il est donc évident que les paléontologistes qui prétendent reconnaître tout le cours de l'évolution des animaux et de l'homme, doivent fatalement être arrêtés dans leurs recherches faute de documents. Il est non moins certain que les géologues qui croient la partie supérieure de la croûte terrestre composée de tous les dépôts formés depuis l'origine de notre planète, sont victimes des mêmes illusions. Quant aux anthropologistes qui s'évertuent à découvrir les plus anciens silex taillés...!?

« Ces fossiles des animaux primitifs, ces terrains des premiers âges, ces silex... n'ont jamais existé!

« Les méthodes d'observation, l'inférence et la généralisation, sont impuissantes à nous faire connaître toutes les phases de l'évolution de la Terre, puisqu'en réalité nous ne pouvons avoir à notre disposition que son état actuel et les débris les plus récents de sa transformation. Et le peu que nous en savons, est éminemment transitoire et fugitif, puisque les plantes, les animaux, l'homme, leurs fossiles et les terrains d'aujourd'hui, n'existeront plus demain; et si l'histoire de la croûte terrestre est essentiellement variable, celle des flores et des faunes l'est encore davantage : des espèces végétales et animales disparaissent à jamais, alors que des races nouvelles se forment et se multiplient; l'état des plantes et des animaux n'est pas immuable; le progrès de la nature des êtres organisés me semble aussi indéniable que celui de la science et de l'industrie.

« De plus, chaque région du globe est un milieu à conditions biologiques spéciales; chacune a, en conséquence, son évolution particulière dont les phénomènes successifs lui sont propres, et qui peut-être ne se sont produits en aucune autre région. Et l'évolution de chaque région se complique encore de modifications plus ou moins considérables, contre-coups d'immigrations d'individus, de faunes et de flores étrangères, qui, d'autres régions parfois éloignées, viennent s'y établir et la modifier. Les continents se transforment en mers, et réciproquement, en même temps que changent les niveaux de la surface du sol et des nappes liquides; ce sont

là déplacements des régions d'habitabilité, conséquences de révolutions géologiques localisées, que j'ai désignés comme étant de véritables migrations de milieux, avec l'ensemble de leurs conditions biologiques (1).

« Notre globe a son histoire générale, bien que chacune de ses régions ait son histoire particulière ou locale; il en est de même de l'humanité; cependant chacune des races qu'elle comprend possède son histoire, tant ethnologique qu'ethnographique; celle-ci diffère encore de l'histoire des peuples et des nations, toute politique et économique.

« L'évolution générale du globe, ainsi que celle de l'humanité, sont *continues*, sans point d'arrêt d'aucune sorte; tandis que les évolutions particulières des différentes régions, des races et des peuples, peuvent subir un arrêt, qui mette un terme à leur existence même : telle une île qui s'abîme dans les flots, de façon à être englobée dans une région sous-marine, dont elle partagerait alors toutes les fluctuations; une race qui s'éteint : tels les Tasmaniens et les Australiens, empoisonnés et massacrés impitoyablement; des nations perfidement détruites : les admirables républiques de l'Orange et du Transvaal.

« Ne résulte-t-il pas de l'incontestable continuité de l'évolution du sol, que la division de son histoire en époques primaire, secondaire, tertiaire, quater-

(1) CELS, A., *Science de l'homme*, p. 91.

naire et moderne n'a qu'une valeur conventionnelle et ne peut en tous cas être appliquée que d'une façon restreinte à une région bien localisée? La stratigraphie s'éclairant de tous les documents paléontologiques est donc impuissante à établir les divisions fondamentales de la géologie; elle ne peut que déterminer l'âge relatif des dépôts de certaines régions du globe...

.
« Toute molécule actuellement à la surface sera fixée tôt ou tard dans une sédimentation et soumise au métamorphisme à mesure qu'elle pénétrera dans les profondeurs du sol. Connaîtrons-nous jamais la genèse de ses transformations successives? Il n'y a pas lieu d'y songer, vu que chaque combinaison nouvelle des éléments chimiques, fait disparaître toute trace de leur état précédent; le carbone, le soufre, le fer, l'or, sont-ils susceptibles de nous révéler les fluctuations antérieures à leur état actuel?

« Certes, la géologie et la minéralogie peuvent nous faire connaître l'âge ou plutôt l'état relatif des roches, depuis leur état de dépôts superficiels jusqu'à celui des roches les plus anciennes actuellement connues;... le professeur de Lapparent commet donc, à mon avis, une erreur capitale, lorsqu'il soutient que le géologue *est conduit à reconnaître dans l'état présent de notre planète, le dernier terme d'une suite de transformations, qui se sont déroulées à travers les âges et dont chacune a laissé des traces ineffaçables à la surface du globe ou dans ses*

profondeurs (1) ». Pas de doute que l'état présent de notre planète est le dernier terme d'une évolution continue, mais prétendre que chacune des transformations de la Terre a laissé des *traces ineffaçables*, me semble être une affirmation bien aventurée!

« M. de Lapparent appartient à cette catégorie de savants qui s'imaginent trop volontiers que l'intérieur de la couche terrestre est inerte, immuable; leur conception possède, il est vrai, une apparence de justification : la lenteur des transformations internes, d'où résulte que l'évolution de la Terre a pour ainsi dire totalement échappé à la vigilance des observateurs, leur attention étant entièrement absorbée par les faits de la surface, dont la grande mobilité frappe et attire davantage. L'homme de génie que fut Lyell a pourtant démontré que les causes anciennes, dont l'effet a eu pour résultat l'état actuel du globe, sont identiques aux causes actuelles, qui toujours produisent des effets analogues à ceux qu'elles n'ont cessé de produire; loin d'être inerte, la croûte terrestre est animée d'une incessante et prodigieuse activité intérieure, d'où son instabilité permanente, c'est-à-dire que toute formation, quelle que soit sa composition matérielle, est éphémère; fatalement il en résultera dans l'avenir ce qui toujours en est résulté dans le passé : des faits observés jadis et actuellement encore, reconnus scientifiquement, disparaîtront à certain

(1) DE LAPPARENT, *Traité de géologie*, 4^e édit., Paris, 1900, p. 1.

moment ; l'homme quaternaire de notre région avait pour contemporain le mammouth ; des individus de cette espèce existent encore conservés dans les glaces polaires ; mais, dans un certain nombre de siècles, leurs squelettes précieusement conservés dans nos musées seront réduits en poussière, plus la moindre trace n'en subsistera, si ce n'est la mention scientifique de leur existence passée. La situation de tous les produits du globe est identique à celle des mammouths ; les observateurs de la Nature ont donc sous leurs yeux un panorama mouvant, aux aspects successifs se déroulant au cours des âges et non pas l'image immobile d'une chose inerte et en quelque sorte immuable ; séjour d'êtres vivants seuls en voie de transformation : dans la Nature, tout, la scène comme l'acteur, est actif, se meut et se modifie en une série d'états successifs et distincts dans un enchaînement perpétuel...

.
« La Terre est en état permanent de gestation de mondes nouveaux.

« De l'ensemble de nos connaissances relatives à notre milieu, il est permis d'inférer que la Terre est un organisme sidéral, ayant sa constitution propre, ensemble de caractères individuels, distinct de celui des autres planètes de notre système solaire ; la Terre n'est pas qu'une masse de matière dont l'activité est réduite à des phénomènes exclusivement physiques, chimiques et mécaniques, mais un être à états successifs différents, dont l'enchaînement est une véritable évolution à phases progres-

sives, analogue à celle d'un organisme vivant : homme, animal ou plante ; cependant la vie de la Terre n'est pas semblable à celle d'une combinaison organique d'un esprit et d'un corps, évidemment, mais c'est un être dont l'activité sidérale est régie par la gravitation et dont l'activité individuelle comprend, outre une évolution générale constante, un ensemble de fonctions spéciales, dont les principales sont :

- 1° Les fonctions atmosphériques ;
- 2° Les fonctions de la matière terrestre, comprenant : érosion, transport, sédimentation, cristallisation, métamorphisme et volcanisme ;
- 3° Les fonctions physiques, chimiques et mécaniques ;
- 4° Les fonctions organiques des flores, des faunes et de l'humanité.

« Ces fonctions agissent et réagissent les unes sur les autres, comme dans un organisme ; de la coaction de certaines d'entre elles, influencées par l'intervention du système solaire, résultent les modifications permanentes de la surface de la Terre : distribution des continents et des mers, climats, habitabilité et ainsi de suite.

« Certaines modifications de la croûte terrestre sont déjà assez bien connues ; mais leur enchaînement et leurs relations avec l'évolution de notre globe sont, je pense, encore à élucider. Il est probable que l'activité de la Terre est réalisée selon des lois naturelles ; tous les phénomènes de la Nature ne sont-ils pas régis par des lois ? Celles de

l'activité terrestre étant connues, nous donnerons probablement la clef, non seulement des changements de relief du sol, du climat, de la flore et de la faune des diverses régions du globe, mais aussi celle de la succession et de la progression des formes organiques, sans devoir recourir à l'intervention de l'hypothèse de la transmutabilité des espèces qui, à mon avis, est inconciliable avec les lois de la génération des plantes, des animaux et de l'homme (1). »

Réserves étant faites au sujet de certaines appréciations que j'ai modifiées dans le présent essai, comme on voudra bien s'en rendre compte, et en conséquence de ce qui précède, je suis donc loin de considérer la Terre comme étant une masse exclusivement matérielle; l'intérieur du Globe peut même être comparé à un organisme végétatif, qui absorbe et transforme les productions de la surface : hommes, animaux, plantes et sédiments; c'est un milieu réducteur, puisqu'il ramène directement les cadavres, par exemple, en leurs composés chimiques ou, si exceptionnellement il les fossilise, finit quand même par les anéantir complètement (2). Le produit principal de l'intérieur du Globe est le *crystal*, tandis que l'action combinée de l'atmosphère et de la surface est surtout un milieu générateur ou matière terrestre d'êtres vivants,

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, pp. 33, 35 et 316.

(2) Voir DE LAPPARENT, GÉOLOGIE, *Conditions de fossilisation*, pp. 692 et suiv.

réunissant les conditions générales de l'existence et de la vie de ces êtres; ceux-ci constituent eux-mêmes un milieu réducteur organique, dont le produit principal est la *cellule* (1).

En général, n'est-il pas incontestable que les réactions chimiques de matérialité pure ne donnent que des produits chimiques, tandis que du dynamisme géologique résultent des matériaux de composition chimique variée dont le caractère dominant est celui de sédiment, ou de roches cristalline ou métamorphique, ou de magma, ou de produit volcanique? Aussi ai-je fait erreur en écrivant : « mais si l'un des résultats de l'évolution géologique du globe est de réduire en quelque sorte les roches en leurs éléments chimiques, à mesure qu'elles s'éloignent de la surface,... » (2). Bien au contraire, les formations géologiques ne sont que très exceptionnellement réduites et décomposées en leurs principes chimiques constitutifs, moins rarement elles mettent en liberté l'un ou l'autre de leurs éléments. En général, les différentes fonctions de l'évolution ne font que transformer la structure et la composition des sédiments, des roches cristallisées et métamorphisées, des magmas et des produits volcaniques; l'évolution de la matière terrestre consiste essentiellement au passage graduel des unes aux autres de toutes les pro-

(1) Voir *Question préalable*, p. 5, et CELS, *Science de l'homme*, liv. I^{er}, chap. I^{er}, § 3 B. *Lois fondamentales externes de l'existence de la nature humaine*, p. 293.

(2) CELS, *Ancienneté de l'homme*, p. 63.

ductions géologiques, tout en étant le siège de réactions chimiques et autres phénomènes nombreux et variés. Des réactions chimiques, par exemple, prennent part à la constitution des couches géologiques; cependant les formations et transformations de celles-ci sont des associations, dissociations et mélanges variés de leurs parties constitutives; aussi des dissolutions, des cémentations, des silicifications s'y produisent, variant selon la température, la pression, l'action d'eau tenant sels et gaz en dissolution, ainsi que l'intervention d'organismes vivants; parfois même ces phénomènes géologiques se réduisent à de simples modifications de la forme de particules de la matière composant les terrains, — plutôt que des combinaisons et décompositions chimiques de leurs éléments constitutifs; en résumé les phénomènes chimiques, physiques et mécaniques qui se produisent dans les couches sont subordonnés aux manifestations géologiques (1); l'analyse comparée de l'état des différents terrains permet de se rendre compte du détail de leurs transformations successives, qui sont surtout les divers moments de l'érosion, du transport, de la sédimentation, de la cristallisation, du métamorphisme et du volcanisme de la matière terrestre, ainsi que je l'exposerai plus loin. Une différence non moins tranchée se manifeste entre les produits des réactions chimiques et ceux qui proviennent des réactions chimico-physio-

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, pp. 7, 8, 10 et 182.

logiques des corps vivants (1). L'ensemble du dynamisme terrestre serait une vie sidérale, intermédiaire entre l'activité de la matière informe et celle des corps vivants.

Y aurait-il encore des géologues qui s'imaginent bénévolement que les terrains ou les systèmes géologiques sont actuellement classés en ordre de leur succession dans le temps, une croûte primitive de solidification leur servant de commune base (2)?

D'après cette classification, la Terre aurait donc successivement produit au cours d'époques distinctes des gneiss, des micaschistes, des granites et ainsi de suite. Or la vérité est que les terrains sont ainsi classés selon leur structure ou similitude de composition géologique actuelle.

Il est évident que les mêmes terrains possèdent de par leur composition, des pouvoirs réducteurs identiques; il s'est donc fait que partout ces terrains restés fossilifères, ont conservé des fossiles congénères ou provenant d'animaux à organisations similaires; d'où les apparences illusoire du synchronisme de ces formations, fondées sur la paléontologie; « ... on a reconnu un jour certains liens entre la structure des roches et l'âge de leur venue; le granite est apparu alors comme d'âge uniformément silurien, la granulite comme dévonienne, la microgranulite comme carbonifère. Puis

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, pp. 243 et suiv., 368 et suiv.

(2) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 722.

les faits contradictoires se sont révélés de tous côtés; on a trouvé, en réalité, des granites, des granulites, des microgranulites de tous âges; ... (1) » La classification des terrains est méthodiquement établie, et suffisamment générale et détaillée pour que tous y trouvent leur place; tant qu'elle est basée sur leur structure — elle rapproche les terrains qui sont semblables, et éloigne ceux qui sont différents — mais de ce fait elle se gâte, dès que l'on y introduit une surclassification en époques, puisque les terrains similaires ne sont pas nécessairement synchroniques; « le principe même, qui doit servir de base à la classification, reste soumis à des discussions sans nombre. Rien que dans ces dernières années, on en a indiqué au moins cinq ou six totalement différents, sans compter les nombreuses variétés dans chaque groupe (2) ».

Si une classification objective, en dehors de toute considération d'âge, était proposée, on serait bien près de s'entendre... au moins pour un certain temps, puisque les transformations des terrains se continuent toujours... et inégalement. « Il semble qu'une classification, se proposant avant tout d'être pratique, doive écarter toute considération plus ou moins hypothétique sur la profondeur et sur l'âge (3); »

En effet, en cas de succès, à quel résultat peut

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 33.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 535.

(3) IDEM, *Ibid.*, p. 535.

aboutir la recherche de l'âge relatif d'une formation géologique même relativement récente. Ce procédé méthodique consiste en l'interprétation de certaines circonstances de gisement, de structure, de composition, ainsi de suite, qui le plus souvent ne se prêtent qu'à une détermination approximative, parce que localisées, elles diffèrent de l'un endroit du Globe à l'autre, tant en surface qu'en profondeur; le résultat de cette recherche de l'âge, dans les conditions les plus favorables, ne peut donc être qu'une *probabilité*; il est vrai que le progrès de la science de la Terre permettra de resserrer l'incertitude en des limites de plus en plus étroites; mais d'autre part, comme toutes les formations géologiques se transforment et se déplacent de façon ininterrompue, chacune d'elles ne peut avoir qu'une durée limitée dans l'histoire du Globe, la connaissance de l'âge relatif d'une formation quelconque, ne pourra jamais être que provisoire; n'est-il pas incontestable que la moindre investigation géogénique décèle l'état constant d'instabilité de la croûte terrestre?

Dans le présent essai, j'aurais peut-être dû attacher plus d'importance aux formations d'origine organique, et ce d'autant plus que la présence de fossiles y est le plus souvent, la preuve incontestable de la constitution de ces dépôts fossilifères à la surface du sol, de leur transformation et de leur enfouissement graduels dans les profondeurs; cependant, j'ai pour ainsi dire passé sous silence, l'intervention des organismes dans certains dépôts,

soucieux que j'étais avant tout, d'élucider l'évolution de la matière terrestre dans ses fonctions essentielles.

Quant à la délicate question de la succession des formes vivantes (plus apparente que réelle, puisque les mêmes terrains ne datent pas indubitablement tous de la même époque), ou plutôt de l'extinction de certaines de ces formes, qui est un fait indéniable, l'explication en sera trouvée en son temps; il s'agit de phénomènes naturels, c'est-à-dire réasés selon les lois de la Nature; il n'y a donc pas lieu d'en rechercher une théorie extraordinaire, s'écartant des voies normales (1). D'ailleurs, il y a évidemment entre les questions scientifiques, une subordination conforme à celle qui existe entre leurs objets, c'est-à-dire les diverses catégories de réalités naturelles; il en résulte que la solution de certains problèmes précède logiquement celle de certains autres; les questions géologiques ne peuvent être solutionnées qu'après celles de la physique, de la chimie, de la mécanique, de la minéralogie, ainsi de suite; nous ne pouvons élucider nos recherches scientifiques que successivement et graduellement, en laissant pénétrer la lumière à partir des plus simples jusqu'aux plus complexes, grâce aux données acquises, établies sur des bases de moins en moins hypothétiques. Il suit de cette subordination des connaissances, que la solution du problème de la vie sur le Globe doit attendre

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, pp. 33, 35 et 316.

celle des questions relatives à sa constitution et à sa structure actuelles, complétées de son histoire géologique ; toutes les hypothèses émises à ce jour, au sujet de l'existence présente et de la succession des formes vivantes ne peuvent donc être que tâtonnements plus ou moins philosophiques. Est-ce que les célèbres travaux de Darwin n'ont pas engagé nombre de savants enthousiastes dans une voie décevante, où beaucoup d'entre eux se sont épuisés ?

Que nous voici loin des *Principes de la classification des terrains stratifiés* et de la *Méthode stratigraphique* du professeur de Lapparent (1).

La digression relative à la paléo-géographie et à la classification géologique en époques étant terminée, je reprends l'étude des fonctions de l'évolution de la matière terrestre.

La formation et la structure d'une région de la surface ou de l'intérieur du Globe résulte de la coïncidence et de la concordance de manifestations dues d'un côté, à l'action générale de la Terre et de son milieu, qui est principalement la gravitation universelle, de l'autre, à l'action localisée des fonctions de l'évolution, c'est-à-dire que des relations réciproques de ces différents facteurs de la structure du Globe, résulte la constitution des différentes régions qui en occupent successivement la surface et les profondeurs ; les mouvements intérieurs ont parfois des répercus-

(1) VOIR DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., pp. 711 et suiv.

sions considérables à la surface : telles les dislocations lentes et brusques du sol, d'où chaînes de montagnes, éruptions volcaniques, tremblements de terre, dont les conséquences sont parfois une transformation radicale d'une région superficielle, et si considérable qu'avec elle disparaît toute trace des conditions antérieures; une telle perturbation est généralement suivie d'un redoublement d'intensité de l'érosion, du transport et de la sédimentation, provoqué par des ruptures d'équilibre du niveau des mers.

L'évolution de la matière terrestre se réalise parfois successivement dans toutes ses phases; d'autres fois, de façon partielle, par suite d'interversions et de suppressions accidentelles d'une ou même de plusieurs de ses fonctions; la régularité de l'évolution est encore troublée en ce que certaines régions deviennent parfois subitement le siège de cataclysmes d'une puissance énorme, alors que d'autres sont dans un état stagnant pendant un laps de temps plus ou moins long, géologiquement parlant, c'est-à-dire pendant plusieurs milliers de siècles; une localisation complète de toutes les fonctions est d'ailleurs impossible, ne fût-ce qu'en considération de ce que certaines d'entre elles ne peuvent s'exercer qu'à la surface, d'autres dans les profondeurs du sol : tels la sédimentation et le métamorphisme.

« La période *silurienne* a vu se produire les premières manifestations bien caractérisées de la vie organique, depuis l'éclosion qui semble presque

subite, de la remarquable faune de crustacés que Barrande a nommée *faune primordiale*... »

« Les conditions de la formation des dépôts siluriens paraissent avoir été tout-à-fait normales. On y observe toutes les variétés habituelles de roches sédimentaires, grès, conglomérats, argiles, schistes, calcaires pétris d'organismes et, au moins dans les régions où, comme en Russie, aucune action n'est venue déranger l'assiette primitive des couches, celles-ci ont conservé une composition originelle qui ne permet pas de les distinguer des formations les plus modernes. A part quelques exceptions, l'élément cristallin, contemporain du dépôt, fait ici défaut, et, quand des cristaux se sont développés dans la masse des sédiments, il est toujours facile d'en reconnaître la source extérieure, soit dans le voisinage d'une roche d'épanchement, soit dans le métamorphisme déterminé par les vicissitudes que le terrain a subies (1). »

« En réalité, la faune dite primordiale n'est pas la plus ancienne, elle appartient au Cambrien moyen et le Cambrien inférieur a fourni postérieurement aux recherches de Barrande une faune non moins riche, connue surtout grâce aux beaux travaux de Ch.-D. Walcott. De plus, on a découvert depuis, dans les dépôts algonkiens, des restes organiques, qui permettent d'escompter pour l'avenir la découverte de faunes non moins riches que celle du Cambrien (2). »

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 765.

(2) HAUG, E., *Traité de Géologie*, p. 589, Paris, 1907.

Des plissements et des fractures se produisent ; certaines parties s'affaissent, d'autres s'élèvent ; diverses perturbations d'une étendue plus ou moins considérable et d'une variable intensité, se compliquent de déplacements corrélatifs de nappes d'eau et de bassins de sédimentation ; en fait, la surface de la Terre, composée de parties hétérogènes en mouvement, soumises à de constantes perturbations, est subdivisée en régions discontinues relativement indépendantes, caractérisées par une constitution géologique particulière, par leur climat, et ainsi de suite ; quoi qu'il en soit, il est logique d'admettre que l'évolution du sol prise dans son ensemble, comprend six phases ou fonctions principales : *érosion*, *transport*, *sédimentation*, *crystallisation*, *métamorphisme* et *volcanisme* de la matière terrestre ; les trois premières exercent leur action surtout à la surface, tandis que les trois autres agissent principalement dans les profondeurs du sol ; cependant le volcanisme se rattache directement aux fonctions superficielles, en ce qu'il ramène des profondeurs quantité de matières volcanisées. Ainsi les déjections volcaniques fournissent un apport considérable aux matériaux de sédimentation ; des surfaces solides considérables du Globe en sont couvertes : l'Islande et sa région côtière ; les îles Sandwich représentent une émission de plus de 300,000 kilomètres cubes ; les dragages ont permis de constater la présence de dépôts volcaniques dans d'immenses régions du fond d'océans et de mers.

De l'action de courants marins doit résulter assez

souvent un mélange direct des produits d'éruptions sous-marines et de matériaux en voie de sédimentation; tandis que les déjections volcaniques projetées sur terre ferme peuvent y perdurer pendant longtemps, en subissant des altérations diverses, avant que d'être transportées dans un bassin de sédimentation.

Ces fonctions de l'évolution terrestre s'enchaînent par des connexions plus ou moins constantes et même dans certains cas, par des corrélations directes, bien que la succession de l'une à l'autre ne soit pas exempte d'exceptions, soit par suppression, soit par interversion; leur activité varie d'une région à l'autre, et subit aussi des paroxysmes et des accalmies dans la même région; il est important de constater que nulle d'entre elles n'est le commencement ou fonction initiale des autres, puisque le produit de chacune de ces fonctions résulte nécessairement déjà du remaniement d'un produit antérieur, inévitablement dû à une ou plusieurs autres d'entre elles. Je ne saurais donc me rallier à l'appréciation du professeur de Launay, lorsqu'il écrit: « Il est facile de comprendre l'importance essentielle des études qui portent sur les roches éruptives. Les autres matériaux de l'écorce terrestre, les sédiments, ne sont, en effet, que des produits de remaniements empruntés, soit par les actions mécaniques et chimiques, soit par la vie des êtres organisés, à des produits ignés préexistants(1). »

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 144.

De ce que les sédiments ne sont que des produits de remaniements empruntés à des produits ignés préexistants, j'infère quant à moi, qu'amenés à la surface du sol par ses transformations successives, ils y ont été érodés, transportés et sédimentés de nouveau, et non la préexistence des produits ignés à tous les sédiments, puisque dans la constitution des roches ignées, il entre incontestablement une grande partie d'éléments provenant de sédiments antérieurement métamorphisés; dans l'appréciation du professeur de Launay, je ne vois qu'une conséquence de la croyance à un état igné primitif du Globe, encore partagée actuellement par la grande majorité des géologues; je pense ne pas me tromper en soutenant qu'il est facile de comprendre l'importance essentielle des études qui portent sur les sédiments, parce que les autres matériaux de l'écorce terrestre, les produits ignés, ne sont, en effet, eux-mêmes que des résultats de remaniements par cristallisation et métamorphisme, de sédiments préexistants.

Je répète donc qu'à mon avis, nulle fonction n'est le début du cycle d'évolution; elles sont les phases relativement distinctes mais concordantes d'un cycle de transformations indéfinies, qui se succèdent en s'enchevêtrant et en se combinant parfois d'une façon des plus complexes, se chevauchant les unes les autres, par suite des irrégularités de la surface du sol et des réactions qu'exercent les régions diverses qui la composent; on ne doit donc pas s'attendre à rencontrer souvent entre ces fonc-

tions des lignes de démarcation nettement tranchées ; certaines régions terrestres sont pendant un grand nombre de siècles exemptes de toute transformation particulière ; il en résulte qu'il est quasi impossible de fixer le moment initial et la fin de l'intervention de chacune de ces fonctions ; elles ne sont pas localisées, ni nécessairement la suite immédiate les unes des autres, comme les fonctions bucales, stomacales, intestinales d'un être vivant ; et de ce que les fonctions de l'évolution terrestre ne sont pas non plus circonscrites comme celles d'un corps vivant, dans des localisations spéciales ou organes comme la bouche, l'estomac, les intestins, il résulte qu'elles sont en état d'exercer leur action dans toute l'étendue de la croûte terrestre, à la seule condition de rencontrer les circonstances nécessaires, dues à l'intervention combinée des forces terrestres et d'une localisation appropriée à une ou à plusieurs de ses manifestations.

C'est ce qui explique l'existence et les déplacements successifs des bassins de sédimentation, des cours d'eau, des chaînes de montagnes et de leurs glaciers, des régions volcaniques en activité : on sait que des volcans non seulement éteints, mais disparus, ont laissé des éruptions considérables dont quelques-unes datant des formations actuellement les plus profondes connues de l'écorce terrestre, dans presque toutes les régions du Globe, où depuis l'époque historique ne se manifeste plus à la surface du sol, la moindre manifestation volcanique ; en Europe je me contenterai de citer

l'Ecosse, l'Angleterre, l'Irlande, la France, l'Allemagne.

Une des raisons pour lesquelles je vois motif à ne pas conclure de l'état de choses actuel, en ce qui concerne l'évolution de la matière du Globe, à un état de choses antérieur absolument différent, comme celui d'une nébulosité primitive du système solaire, ou seulement, un climat, une flore et une faune uniformes, communs à toute la surface de la Terre, est que cette évolution est continue; les causes actuelles ou ensemble des forces modificatrices du Globe suffisent, me semble-t-il, à expliquer l'état de choses présent, sans devoir recourir à des hypothèses de création, de génération spontanée, de transmutabilité spécifique, de nébulosité ou autres encore.

J'ajoute que l'extrême complexité de certains phénomènes de cette évolution est non seulement due aux réactions réciproques de ses fonctions, mais qu'elle est encore compliquée de l'intervention constante des autres forces terrestres, qui peuvent ou accentuer les transformations géologiques, ou les enrayer, ou les entraver jusqu'à un arrêt complet, ou même les faire rétrograder et faire reprendre une constitution antérieure, par le terrain, voire la région dont il s'agit. « Il suffit qu'un compartiment de la surface, ayant déjà subi une altération ancienne, s'effondre, s'enfonce en profondeur, pour que la loi normale des altérations actuelles se trouve, en apparence, troublée. Un tel compartiment effondré, se trouvant encaissé dans d'autres ter-

rains, peut, en effet, résister à l'érosion, qui enlève les prolongements des mêmes bancs altérés, restés plus en haut; il est en mesure de survivre à la période géologique, qui l'a produit; il nous présente alors, après de longs âges géologiques, un témoin rare des altérations continentales, remontant à une époque depuis longtemps disparue et, comme son effondrement peut atteindre, d'après les observations géologiques directes, plusieurs milliers de mètres de profondeur, c'est-à-dire jusqu'à des profondeurs beaucoup plus grandes que celles de tous nos travaux de mine, trouver, par un paradoxe singulier, des caractères, qui sont, pour nous, ceux d'une altération superficielle (1). » C'est-à-dire qu'aux fonctions normales successives et permanentes de l'évolution viennent collaborer les manifestations accidentelles, localisées, comme tous les phénomènes géologiques, lents et brusques mouvements du sol, qui sont d'ordre mécanique, et ne font que modifier plus ou moins les manifestations fonctionnelles de l'évolution.

Les phénomènes géologiques sont parfois si compliqués qu'il est indispensable, non seulement de recourir à l'intervention de plusieurs fonctions de l'évolution pour les expliquer, mais aussi à des transformations de leur milieu. Ces transformations du sol font que dans nombre de cas, les difficultés de détermination sont augmentées de ce qu'il est impossible d'attribuer au régime et à la structure

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 313.

actuels d'une région, la totalité de certains effets produits antérieurement dans des conditions différentes.

« ... Dans l'Asie centrale, les rivières qui coulent vers le nord dans la direction du lac Balkach et qui, sans le moindre doute, allaient s'y rendre autrefois, se perdent aujourd'hui dans les déserts et y disparaissent par évaporation. Ce changement est dû à une diminution graduelle, survenue dans la quantité des précipitations atmosphériques, et dont témoigne encore l'état d'obstruction des vallées de l'Amou Daria et du Sir Daria.

« Du reste, il est dans la destinée de beaucoup de fleuves de voir leur embouchure peu à peu obstruée par les alluvions... (1). »

Il est plus que probable que les dislocations du sol, qui à la surface se manifestent comme affaissements, effondrements, soulèvements, compressions, ne sont que les contre-coups de déplacements de magmas liquéfiés et de laves, c'est-à-dire de *transports* effectués dans les profondeurs et de déjections volcaniques à la surface; ces mouvements du sol ne se font-ils pas le plus souvent dans le voisinage de régions volcaniques (2)?

Cependant il est établi que certains mouvements du sol sont également conséquences de transformations chimiques de roches internes (3) et d'action d'eaux souterraines.

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 212. Voir : *Estuaires*, p. 217.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 1919.

(3) IDEM, *Ibid.*, p. 380.

Je crois les dislocations du sol, phénomènes essentiellement dus à des transports de magmas et de produits en fusion dans les grandes profondeurs : les réactions qu'elles exercent sur l'érosion, le transport, la sédimentation, qui ont lieu à la surface du sol, y compris le volcanisme, sont d'une importance telle, que l'on doit reconnaître en eux les causes des perturbations nombreuses et parfois considérables de l'évolution (1). Nous verrons plus loin que la circulation générale de la matière terrestre, dont le transport des matériaux de sédimentation n'est qu'une des manifestations, est en réalité la fonction capitale de l'évolution.

Les mouvements tectoniques interviennent puissamment aussi dans la formation et la structure des différentes régions de la surface du Globe ; ils sont plutôt accidentels, comparés à la constante activité des autres fonctions de l'évolution ; chacune de celles-ci produit généralement les matériaux indispensables aux manipulations de celle qui la suit selon l'ordre du cycle ; mais ces matériaux ne sont pas toujours mis immédiatement en œuvre ; ils persistent parfois sous la même forme pendant une période fort longue, par suite d'une modification de niveau du sol ; ils peuvent aussi être repris en tout ou en partie par la fonction qui les a formés, ou par une autre qui n'est pas la suivante immédiate selon l'ordre du cycle ; c'est-à-dire

(1) Voir DE LAUNAY, L., LA SCIENCE GÉOLOGIQUE, chap. XI, *les Résultats de la tectonique*, p. 351.

que les fonctions sont susceptibles de se suivre irrégulièrement, se chevauchant, rebroussant et s'entre-croisant : au lieu d'être érodées, transportées et sédimentées, d'anciennes couches de lave et des affleurements de roches ignées, sont transformés par cristallisation ; l'érosion, par exemple, a pour fonction normale la préparation de la matière terrestre au transport et à la sédimentation ; mais les matériaux après avoir été déposés en bancs dans un cours d'eau, sont parfois repris et transportés plus bas ; arrivés à la mer, les matériaux en suspension sont stratifiés dans les estuaires et à une distance relativement petite de l'embouchure de l'eau véhiculante ; quant aux matériaux transportés en dissolution, ils sont probablement stratifiés et cristallisés dans les zones abyssales ; quant aux sédiments proprement dits, leur épaisseur et la profondeur de leur gisement font parfois que leur état primitif de formation est déjà totalement altéré à la base par le métamorphisme, alors que la partie supérieure est intacte comme sédiment, et accroît encore sa surface de nouveaux apports. Et l'état de ce sédiment peut encore se compliquer de fractures, d'intrusions, de cristallisations et de métamorphisations partielles ; une modification du niveau de l'eau de sa région de formation, due à une perturbation du sol, peut occasionner une nouvelle érosion de la partie superficielle de ce sédiment, alors que l'autre partie, déjà totalement transformée, reste en place.

Ainsi les sédiments d'ancienne formation ne sont pas identiques à ceux de formation récente, et si les différences portent surtout sur le degré de cohésion, cela tient à ce que postérieurement à leur dépôt, les plus anciens sédiments ont subi des modifications physiques, chimiques et mécaniques intenses sous forme de pressions, d'imbibitions d'eaux thermales chargées de principes minéralisateurs et autres actions : des calcaires ont été ainsi transformés en marbre, des argiles en schistes argileux ou en schistes cristallins; d'ailleurs, une grande partie des terrains formant nos continents est constituée par des sédiments marins à différents degrés de transformation.

Nous avons vu que les mouvements tectoniques sont attribuables à une fonction spéciale de l'évolution de la matière terrestre : *la circulation* (1). Les accidents du sol à la surface ne sont que consécutifs de mouvements intérieurs; lents, ils s'étendent parfois sur une grande étendue, avançant graduellement pendant une durée relativement longue, telles sont les formations de chaînes de montagnes; sont-ils en d'autres circonstances, consécutifs de brusques effondrements internes considérables et peu étendus, ils déterminent probablement les cataclysmes de la surface, telles les ruptures du sol, accompagnées de phénomènes sismiques, volcaniques et raz de marée; rien n'est régulier ni ordonné dans ces dislocations comme le

(1) Voir chap. III, *Transport de la matière terrestre*, p. 77.

sont assez généralement les résultats des autres fonctions normales de l'évolution s'exerçant avec une lenteur imperceptible à la surface du sol. Certaines révolutions locales du sol sont d'une intensité et d'une importance telles, qu'elles modifient du tout au tout la structure et la distribution de régions entières; elles sont dans ce cas, un tournant d'une histoire régionale, un point de départ nouveau de tous les phénomènes géologiques qui se produiront ultérieurement dans cette région; mais ce ne peut jamais être qu'une date relative, parce que les phénomènes géologiques sont tous localisés.

« Tout se passe comme si la sphère terrestre s'était progressivement contractée, c'est-à-dire comme si l'enveloppe superficielle avait cherché à se rapprocher du centre en pénétrant, par conséquent, dans des sphères de plus en plus petites et, comme si, dans ce mouvement, certaines masses solides étaient descendues tout d'un bloc, ou, du moins s'étaient seulement découpées, décrochées en voussoirs à la façon de masses solides, tandis que les parties intermédiaires auraient subi des compressions, des flexions, des sinuosités, des plissements, ainsi qu'une substance plastique. Chacun de ces mouvements de descente, ayant d'ailleurs été accompagné par des pénétrations de roches fondues dans les sédiments superficiels, a dû provoquer la consolidation de fragments nouveaux, qui, alors, dans les accidents ultérieurs, se sont comportés à leur tour comme des noyaux solides et

les zones plastiques de l'écorce se sont de plus en plus localisées (1). »

Toutes les fonctions de l'évolution de la matière terrestre sont donc considérablement influencées et modifiées, par les mouvements lents et brusques du sol; ils ont évidemment une participation capitale aux résultats de l'évolution; cependant ces mouvements ne sont que consécutifs d'affaissements et de soulèvements intérieurs, résultats du volcanisme à mouvement centrifuge, ou des déplacements intrusifs de masses liquides et pâteuses dans les couches profondes. « ... les déformations terrestres, ... me semblent, tout d'abord, pouvoir se diviser en deux groupes principaux : celles, où l'écorce terrestre s'est comportée à peu près comme le ferait une matière plastique, c'est-à-dire qu'elle a subi des étirements, des laminages, des *plissements* plus ou moins complexes, presque sans se rompre et, celles, au contraire, où elle paraît avoir été cassée, brisée, émiettée, comme un corps solide, par des dislocations analogues à celles que pourraient produire des *effondrements*.

« La différence, qui apparaît ainsi, tient sans doute en grande partie à la nature même des zones influencées et il est évident qu'un massif de granite et de gneiss, continu et compact, n'a pas dû être éprouvé par la même force comme un paquet de sédiments, que le premier a dû se morceler de préférence alors que le second se plissait. Mais,

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 393.

peut-être aussi, quoique beaucoup de géologues ne l'admettent pas, la distinction est-elle attribuable au mode même d'action dynamique, notamment à l'existence problématique de vides, qui auraient existé un moment en profondeur et à *la rapidité plus ou moins grande*, avec laquelle les mouvements se sont produits ; et ce qui pourrait tendre à le faire croire, c'est qu'il existe des régions de sédiments (telles que les montagnes Rocheuses), où les déformations se traduisent néanmoins par des déplacements relatifs de voussours voisins, avec dislocation comme dans le granite et le gneiss.

« Des mouvements, qui se sont prolongés pendant des périodes géologiques entières, sinon avec une continuité absolue, du moins avec de très nombreuses récurrences et peut-être d'une façon presque imperceptible, comme ceux qui ont lieu aujourd'hui encore, ont dû, ce me semble, ainsi qu'on le constate par les plis posthumes du bassin de Paris, agir très progressivement, tandis qu'il a pu y avoir, ailleurs, peut-être lorsqu'il s'était produit un vide intérieur, des chutes soudaines, accompagnées de ces grandes cassures assez profondes pour donner naissance à des épanchements volcaniques (1). »

La distinction bien définie de chacune des fonctions de l'évolution dans l'ensemble des phénomènes géologiques n'est donc pas chose aisée ; la cause en est : leur activité plus ou moins continue, leur localisation instable, leur distribution inégale à la

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 366.

surface et à l'intérieur de la croûte, où chacune acquiert parfois subitement une grande intensité, une prépondérance considérable sur les autres, dont l'activité au contraire, diminue en proportion inverse, se termine ici pour se ranimer ailleurs; la conséquence de ces irrégularités est que de l'état d'un terrain, on ne peut reconnaître que la fonction à laquelle il est dû, mais non son état antérieur, ni sa transformation prochaine; il en est ainsi des produits de l'érosion d'un sommet stratifié et cristallisé, qui transporté à la mer, s'y stratifieront de nouveau, sans passer par les fonctions métamorphiques et volcaniques; il est probablement des sédiments dont la partie profonde cristallisée et métamorphisée est actuellement engagée dans la zone archéenne, alors que la partie supérieure non altérée, a pu être enlevée par un courant, déposée dans une autre région, où elle perdurera encore à la surface du sol, sous forme de sédiment.

Les rapports des fonctions entre elles se compliquent de plus, en surface comme en profondeur, de leurs réactions mutuelles grâce aux états différents de l'évolution propre aux diverses régions du sol, ainsi que de l'action propre de la Terre et de la gravitation; certaines régions montagneuses sont le siège d'érosions assez considérables pour être transformées en plaines; elles perdent en altitude, ce que des mers gagnent en sédimentation; certaines sont recouvertes de produits volcaniques, alors que d'autres s'affaissent, érodées d'abord, puis désagrégées par vagues et courants, et enfin recouvertes

par les flots; telle région souterraine est transformée par un intense métamorphisme, alors qu'une autre, plus éloignée de la surface du sol, conserve indéfiniment son état sédimentaire ou cristallisé; les différentes régions du Globe ont des périodes de repos relatif et des crises d'activité. Des périodes de calme, et même des régressions, interrompent souvent le cours normal d'une fonction quelconque; il se fait en général, que la simplicité et la permanence des lois de l'évolution échappent à l'observation, par suite de la complexité de certains phénomènes.

Il est évident que les différents phénomènes de l'évolution terrestre s'enchaînent et se combinent par *continuité*, dans l'unité fondamentale de celle-ci. Telle fonction en prépare une autre, qui ne se manifeste pas toujours à sa suite; la sédimentation est précédée du transport, qui à son tour suit l'érosion; mais ces différentes fonctions s'interrompent, s'arrêtent, se suivent parfois à de longs intervalles, soit directement et dans l'ordre naturel de toutes les phases du cycle, soit indirectement, en sautant une ou plusieurs fonctions intermédiaires, selon la structure des régions où elles se manifestent; une activité régionale bien caractérisée se modifie également, soit lentement par sédimentation ou érosion, soit subitement par effondrement ou volcanisme, ou par suite de perturbations des mouvements des terres et des mers, de sorte que la stabilité de l'écorce terrestre n'existe en réalité nulle part : « les ruines mêmes péris-

sent (1) », tout se transforme continuellement, les formations géologiques sont toutes produits de remaniements successifs; l'arrêt du mouvement de cette évolution est une impossibilité naturelle.

« Pour qu'il se dresse, à la surface de la Terre, une saillie montagneuse, un « rempli » comprenant les Pyrénées, les Alpes, le Caucase et l'Himalaya; pour que la mer Egée ou l'Atlantique s'effondrent; pour qu'il s'ouvre une cassure allant de l'Arabie aux Grands Lacs africains, ou d'autres longeant les deux rives du Pacifique, il faut, de toute nécessité, qu'il se soit produit quelque grande modification interne, dont on n'arrive pas à concevoir l'amplitude sans l'hypothèse d'une certaine fluidité permanente ou acquise. A ces mouvements du sol se rattachent alors les déplacements profonds de roches éruptives en fusion et les cristallisations métallifères, qui en sont le corollaire. D'autre part, le soulèvement montagneux, accompagné par un changement des rivages marins, amène des érosions, des destructions de roches par les eaux, des sédimentations, des concentrations lagunaires ou littorales de certaines substances et, en rencontrant des phénomènes semblables les plus récents (par suite, les mieux connus) à des phénomènes de plus en plus anciens, nous arrivons à constater, dans leur ensemble, dans leur connexion, une certaine récurrence, qui, à diverses époques, a produit, à peu près

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 483.

dans le même ordre, un ensemble de faits analogues (1). »

La Terre subit, il importe de le répéter avant d'entamer l'examen de chacune des fonctions fondamentales de l'évolution de la matière terrestre, une transformation générale et continue, tant interne qu'externe, dont les mouvements partiels du sol lents ou brusques sont en quelque sorte les causes efficientes ; mais ceux-ci, mouvements mécaniques locaux relativement indépendants, se superposent partiellement les uns aux autres, en étant influencés par les autres manifestations de l'évolution, qu'à leur tour du reste, ils modifient ; ces accidents d'ailleurs, ne peuvent occasionner à l'évolution générale de notre Globe, que des perturbations locales et transitoires, parce qu'ils ne se produisent pas d'une façon mondiale synchronique, et telle, qu'ils puissent fournir des points de repère généraux à l'histoire de la Terre.

Qui apprécie l'universelle loi de l'évolution, principe essentiel d'enchaînement réciproque, de solidarité, de coordination d'une série de phénomènes naturels, voit l'histoire de la Terre s'éclairer dans ses âges les plus reculés : les mers se déplacer, après avoir des débris de continents plus anciens, reconstitué de nouveaux continents ; le sol se plisser et se fracturer, les montagnes surgir puis disparaître pulvérisées graduellement par érosion et transportées au sein des mers ; ces matériaux d'une

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 446.

sédimentation nouvelle, former de nouveaux continents; les volcans ramener à la surface, la matière que l'enfouissement dans les profondeurs du sol, a transformée par métamorphisme; en un mot, tout le dynamisme du Globe se découvre à son intelligence, même les phénomènes d'apparence exceptionnelle, dont la soudaineté, la puissance et la localisation déconcertent sans ébranler toutefois, la croyance à une évolution générale, lente, continue, progressive, — tous les phénomènes géologiques reliés les uns aux autres par une inéluctable continuité, dans l'unité de l'évolution terrestre, qui permet de les interpréter et de les comprendre en eux-mêmes et les uns par les autres dans leurs relations réciproques.

Qui apprécie l'évolution de la matière terrestre, comprend ce fait d'une considérable portée : cette matière est animée d'une circulation permanente, dont une manifestation capitale est le double mouvement de va-et-vient, centripète sous forme de sédiment et centrifuge sous forme ignée (1); cette ascension de la matière des profondeurs se fait non seulement sous forme de déjections volcaniques, mais aussi comme affleurement de roches ignées provenant des profondeurs du sol, mises à nu par suite de l'érosion et du transport des couches superficielles, ou également comme roche éruptive en ignition amenée vers la surface par suite de dislocation. « Les roches éruptives en ignition ont subi

(1) Voir CELS, *Ancienneté de l'homme*, p. 24.

autrefois, ou subissent encore, là où elles se manifestent, un mouvement d'ascension incontestable, elles viennent d'en bas (1). » Ce double mouvement en sens contraires est rendu possible, par suite de la distribution de la matière terrestre, en régions discontinues, c'est-à-dire localisées et individualisées, à structures géologiques particulières et à conditions biologiques spéciales; il en est de la discontinuité en profondeur comme de celle en surface : les terrains du sous-sol d'une région diffèrent de composition, de superposition et de relations réciproques en étendue et en épaisseur; dans le sous-sol, on constate l'existence de *provinces pétrographiques*, dont les roches ont entre elles *un air de famille* ou plutôt une *consanguinité*. Une distinction analogue se retrouve dans la nappe liquide; horizontalement et verticalement, on y constate l'existence de *provinces marines* : deux mers à conditions similaires peuvent même avoir des faunes contemporaines différentes. Dans toute la partie connue du Globe, nous constatons donc une *localisation relative de milieux*.

Le dynamisme terrestre, grâce à cette localisation, fait, d'une part, que les sédiments parvenus dans les profondeurs du sol, y sont graduellement transformés par cristallisation, métamorphisme et volcanisme; — « La transformation peut se suivre pas à pas, depuis les sédiments fossilifères, jusqu'à ceux où la cristallinité est devenue complète (2). »

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 545.

(2) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 725.

« On conçoit maintenant la possibilité de gneiss pléistocènes ; car il s'en forme, sans doute, aujourd'hui, dans la profondeur des zones volcaniques (1). » — « On a l'habitude aujourd'hui de faire débiter l'ère paléozoïque ou primaire par le système cambrien, qui renferme les restes de la plus ancienne faune connue, mais non toutefois les plus anciens organismes conservés. Il existe tout un ensemble de terrains antérieurs au Cambrien, qui en sont souvent séparés par une importante discordance et qui ne renferment de restes organiques que dans leurs parties les plus élevées et encore à titre tout-à-fait exceptionnel. C'est la série qui, jusque dans ces dernières années, avait été désignée, par beaucoup de géologues, sous la dénomination de terrain *primitif*, car on l'envisageait comme la première croûte solide du Globe. Nous avons vu déjà précédemment (chap. XII) que cette conception est tout à fait erronée et que les granites et les schistes cristallins, qui constituent la majeure partie des terrains antérieurs au Permien, doivent être envisagés comme des formations métamorphiques, c'est-à-dire comme des terrains sédimentaires modifiés dans des conditions que nous avons cherché à définir. De plus, nous avons pu établir qu'il existe des formations métamorphiques tout à fait semblables, d'âge beaucoup plus récent, cambriennes, siluriennes, dévoniennes, carbonifères ou permienes, voire secondaires et peut-être même

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 306.

tertiaires. Hutton était donc tout à fait dans le vrai, lorsqu'il s'élevait, dès la fin du XVIII^e siècle, contre la réunion de tous les granites et schistes cristallins sous le nom de terrains primitifs » (1). — Et d'autre part, que les terrains ignés, parvenus à la surface en affleurements (2), y sont graduellement érodés, transportés et sédimentés de nouveau; l'évolution de la matière terrestre est le principe fondamental de la géogénie.

Il est donc évident que chaque fonction de l'évolution transforme les produits d'une fonction précédente : les sédiments composés de cristaux et de leurs débris, résultats d'érosion et de transport, sont cristallisés à nouveau; les cristaux transformés par métamorphisme et volcanisme, sont réduits en magmas et en laves; arrivées à la surface du sol, les roches ignées et les laves sont de nouveau réduites par érosion en matériaux de transport : telle est la concordance des lois subordonnées de l'évolution, principes secondaires de la géogénie.

En résumé, tous les types de terrains sont des *facies* d'érosion, de sédimentation, de cristallisation, de métamorphisme ou de volcanisme, et ces différents *facies* dérivent par transformation les uns des autres; par eux-mêmes ou par leur gisement, les terrains n'impliquent donc aucun âge déterminé.

(1) HAUG, *Géologie*, p. 565.

(2) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 33. *Distribution actuelle des principaux affleurements archéens.* (La qualification *actuelle* mérite considération.)

La distinction des matériaux constituant de l'écorce du Globe n'est donc fondée que sur une manière d'être relativement distincte de chacun d'eux, parfois réduite à de simples prédominances ou variétés de forme, de composition chimique, ainsi de suite, mais dépourvue de tout caractère absolu; il existe au contraire, de nombreux termes de passage presque insensibles de l'un de ces composés géologiques à l'autre, à tel point, qu'il est nombre d'entre eux où une différenciation à établir, est sinon impossible, du moins fort difficile; en sont autant de preuves, les séries ou groupes géologiques naturels, sur lesquels des géologues ont cru pouvoir baser des divisions d'âges de formation, mais qui ne sont que les modalités géologiques diverses, analogues entre elles, des états distincts que peut revêtir la matière terrestre, en passant graduellement de l'une forme à l'autre, conformément aux conditions de localisation de chacune de ses parties. La nomenclature géologique dans les combinaisons parfois si compliquées de sa terminologie est le reflet des distinctions parfois si minimes, à invoquer pour établir des différences entre les divers matériaux ou composés géologiques, que les spécialistes eux-mêmes ne savent pas toujours se mettre d'accord au sujet de l'importance à accorder à chacune de ces distinctions; il est même impossible dans bien des cas, d'établir une distinction entre le gneiss et le granite, par exemple.

Il résulte donc de la mobilité et des transforma-

tions continuelles des matériaux constituant du Globe, qu'au bout d'un laps de temps suffisamment long, il ne subsiste rien d'anciennes formations géologiques, si ce n'est la matière qui les constituait, et qui actuellement encore est la base des formations existantes; la structure de la Terre se modifie d'un instant à l'autre, en une série ininterrompue d'états déterminés relativement distincts les uns des autres; cependant l'identité de la Terre persiste tout comme celle d'un être vivant qui malgré les âges, les fluctuations et les accidents de la vie reste le même individu; il en est ainsi des espèces végétales, animales et humaine; elles se modifient pendant leurs migrations selon l'influence du milieu et leur manière de vivre, mais n'en conservent pas moins leurs caractères spécifiques et individuels, qui sont indélébiles : ainsi la Terre se modifie au cours de son histoire.

Le professeur de Launay me semble avoir de bien près côtoyé ces lois de la géogénie, puisque d'une part il en méconnaît l'existence, alors que d'autre part, il expose des faits qui en démontrent pratiquement la réalité; qu'on en juge : « En résumé, il faut avouer qu'au moins jusqu'à nouvel ordre, la loi de tous ces mouvements, si elle existe, nous échappe absolument et il serait assez logique de croire que cette loi n'existe pas : nous avons une sphère inhomogène, formée de compartiments inégaux, qui se contracte et se fend en se desséchant comme une boule d'argile; nous voyons des parties qui s'affaissent, d'autres qui se soulèvent; là des gondolements

et des gauchissements, ailleurs des tassements; nous constatons que la surface est instable et qu'il se produit, à quelques kilomètres au-dessous de nous, des craquements, dont nous subissons le contre-coup; cela suffit à nous prouver que les mouvements des périodes géologiques anciennes ne sont pas terminés et que l'homme n'est pas nécessairement apparu au moment où la Terre était assez consolidée pour ne pas lui causer les émotions d'un cataclysme, analogue à celui qui a soulevé les Alpes ou effondré l'Atlantique et la mer Egée. Mais là, je crois, se borne notre science et la relation possible avec des causes astronomiques, qu'il serait si intéressant d'apercevoir, reste encore l'état d'hypothèse purement imaginaire (1). »

L'élément constitutif du sol semble être le cristal, de même que celui du corps vivant est la cellule; celle-ci persiste malgré ses transformations d'un tissu à l'autre; n'en est-il pas de même du cristal dans le sol et des diverses transformations que la matière y subit? Les sédiments se composent de débris de cristaux; les débris organiques qu'ils contiennent n'ont pas grande importance en ce qui nous occupe; on sait d'ailleurs que certains organismes interviennent de façon prépondérante dans la formation des calcaires en grandes masses, par exemple; quant aux produits amorphes, voici ce qu'en dit le professeur de Lapparent : « *Modes fondamentaux*

(1) DE LAUNAY, *la Science géologique*, p. 344. Voir *Idem*, pp. 304 et 305.

de consolidation. — Cela posé, on peut dire tout d'abord que la matière minérale pouvant prendre deux états, l'état *crystallin* et l'état *amorphe*, il y a pour les roches, deux manières d'être fondamentales, l'état entièrement *crystallin* ou *holocrystallin* et l'état *amorphe* ou *vitreux*, la première dénomination s'appliquant dans toute sa rigueur à une roche totalement formée de minéraux cristallisés, tandis que la seconde convient à une roche amorphe, pouvant contenir des cristallites et même quelques microlithes, mais pas de cristaux nettement spécifiés.

« Entre ces deux extrêmes se place un type *mixte* ou *hypocrystallin*, qui comprend les roches où une proportion plus ou moins grande d'éléments amorphes est associée à des cristaux bien formés.

« Observons maintenant qu'il y a, dans la nature, une sorte de répugnance à l'égard de l'état amorphe; de la sorte, les types exclusivement vitreux font défaut et, même dans ceux où cet état prédomine, il y a toujours quelques microlithes produits, soit pendant la consolidation, soit sous l'influence d'actions ultérieures (1). »

Cela ne prouve-t-il pas que ces roches sont en voie de transformation, que leur cristallisation s'accroît? Dans ce cas, il est certain que les cristaux domineront de plus en plus; j'y vois donc une preuve d'évolution et non pas « une sorte de répu-

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 616.

gnance de la nature », la répugnance étant apanage exclusif d'êtres vivants.

En ce qui concerne la soi-disant stabilité des formations dites *primitives*, voyons ce qu'en pense le même professeur : « A la base des formations sédimentaires se trouve partout un terrain, essentiellement caractérisé par l'association d'une structure stratiforme avec une cristallinité complète des éléments, ce qui lui avait fait donner par d'Omalius d'Halloy le nom de cristallophyllien. Ce terrain, formé surtout de gneiss et de micaschistes, a été longtemps considéré comme la première écorce, que le refroidissement avait dû faire naître à la surface du Globe originellement fluide. Pour ce motif, on le désignait sous le nom de *terrain primitif*.

« Le progrès des observations a montré que, si cette conception était admissible en elle-même, d'autre part le métamorphisme, agissant sur des roches stratifiées d'âge quelconque, pouvait engendrer des terrains en tout semblables à celui qu'on appelait primitif. La transformation peut se suivre pas à pas, depuis les sédiments fossilifères jusqu'à ceux où la cristallinité est devenue complète.

« Il n'est donc plus possible, en présence d'un ensemble de gneiss et de micaschistes, d'affirmer à *priori* qu'il s'agisse d'une série certainement antérieure à tous les terrains sédimentaires. Même lorsque cette série supporte les plus anciennes assises de sédiment qui soient connues, on garde le droit de prétendre que les roches cristallines stratiformes peuvent être des sédiments encore plus

anciens et qui, en raison de leur âge, auraient subi une transformation tellement générale, que nulle part il ne serait resté de traces de leur état initial.

« Pour ce motif, il paraît sage de renoncer à la dénomination de terrain primitif, pour adopter celle de *terrain archéen*, à la condition de convenir que ce mot désigne un facies plutôt qu'un âge déterminé. Pour la même raison, nous emploierons le mot de *terrain* au lieu de celui de *système*; car ce dernier implique, parmi les éléments qu'il groupe, une homogénéité et un synchronisme général, pour lesquels les roches archéennes ne fournissent pas d'éléments d'appréciation certains.

« Ainsi l'archéen est *la formation fondamentale* ou *Grundgebirge*, qui sert de base aux assises dont on peut déterminer l'âge. Mais lui-même peut être, selon les cas, d'une antiquité très inégale (1). »

Comprendra qui pourra ce dernier alinéa!

Est-ce à dire que le terrain archéen n'est pas ce qu'il est, et que les assises auxquelles il sert de base ne sont pas encore ce qu'il est devenu?

Quant à leur âge!?

Ce qui ressort à l'évidence de tout ceci est que toutes les formations géologiques actuellement connues, sont les produits des transformations successives de la matière terrestre, c'est-à-dire que toutes les régions internes et externes du Globe sont de *constitution instable*.

« Aujourd'hui que la surface entière du Globe est

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 724.

connue dans ses traits généraux, on peut affirmer qu'il n'y a pas un seul affleurement archéen où les schistes cristallins ne se montrent affectés de plissements intenses. L'instabilité a donc été pour l'écorce, la règle absolue au début de sa formation. C'est seulement avec le précambrien qu'on commence à rencontrer des couches ayant sensiblement gardé leur horizontalité primitive. Encore ce fait est-il le privilège de localités exceptionnelles, comme ce district d'Écosse où l'on voit le grès de Torridon reposer horizontalement sur le gneiss. Ainsi les zones stables se sont constituées peu à peu, et c'est seulement à partir du cambrien qu'on peut se proposer d'esquisser leur histoire (1). »

L'appréciation ci-dessus au sujet de la stabilité de la stratification plus ou moins horizontale des couches de l'écorce terrestre, se réduit en réalité à constater que plus les terrains sont anciens, plus les preuves de leur instabilité sont nombreuses, manifestes... ou, ce qui revient au même, plus une formation géologique est récente, mieux elle peut avoir conservé intactes, les traces de son origine. Les phénomènes orogéniques fournissent donc de leur côté, des preuves évidentes de l'instabilité générale et permanente de la constitution de l'écorce terrestre.

La transformation permanente de l'écorce par les fonctions de l'évolution de la matière terrestre est incontestable. « Quand le temps a fait son œuvre, »

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 1916.

écrit M. de Launay (1), « les sédiments sont redevenus des roches cristallines ». L'action du temps ne produit-elle pas des résultats analogues sur toutes les autres formations géologiques? De plus, comme nous venons de le constater, l'instabilité du sol est confirmée jusqu'à l'évidence par ses dislocations; *la loi générale d'anéantissement ou d'instabilité* (2) est donc démontrée par faits d'observation.

Étant localisées comme tous les phénomènes géologiques, les dislocations se manifestent successivement dans toutes les régions du Globe; de Lapparent (3) cite d'après Süss, trois régions soi-disant stables — les boucliers canadien, scandinave et sibérien — qu'il fait remonter à ce qui est appelé *époque cambrienne*.

Mais, n'est-il pas incontestable que l'existence de ces boucliers n'infirme en rien la *loi générale d'instabilité du sol*; les transformations de la Terre étant essentiellement régionales, il est naturellement des zones plus ou moins anciennes; y aurait-il un géologue capable de soutenir que ces boucliers sont indestructibles, même s'il ignore que toutes les formations géologiques similaires ne sont pas nécessairement synchroniques et qu'en conséquence *époque cambrienne* ne correspond qu'à une objectivité toute conventionnelle et fictive

Le professeur de Lapparent n'a-t-il d'ailleurs pas

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 297.

(2) Voir CELS, *Ancienneté de l'homme*, p. 26.

(3) Voir DE LAPPARENT, GÉOLOGIE, *l'Évolution du relief terrestre*, pp. 1915 et suiv.

écrit lui-même : « Ainsi le phénomène orogénique accuse dans la croûte terrestre, un état général d'instabilité (1). » Étrange contradiction !?

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 1916.

CHAPITRE II

ÉROSION DE LA MATIÈRE TERRESTRE

Soit donc la réduction en matériaux de transport, de la matière terrestre fixée, formant surtout le relief du sol dans l'atmosphère. La surface de la lithosphère, principalement ses montagnes, subit une lente et continuelle destruction, variant d'une région à l'autre; les changements de température, les pluies, les rayons solaires, les eaux superficielles et souterraines, le vent, la foudre, usent, corrodent, effritent, détruisent et nivellent le relief du sol.

« C'est là un facteur géologique très connu et très étudié; mais peut-être cependant a-t-on une tendance à en oublier l'importance considérable, quand on s'attaque à tel ou tel point particulier de la géologie ancienne. Il est impossible, en effet, de rien comprendre à la formation d'une roche éruptive ou d'un filon métallifère, à l'allure même d'une couche plissée ou métamorphisée, si l'on ne restitue, d'abord, par la pensée, au-dessus de son affleurement actuel, les kilomètres de terrains superposés, qui pouvaient le recouvrir, quand la

roche ou les minerais ont cristallisé, quand le plissement tectonique s'est opéré dans la profondeur. C'est par milliers de mètres que l'on doit compter bien souvent le travail de l'érosion et, surtout, il ne faut pas perdre de vue que cette érosion comme les altérations dont il a été question précédemment et avec lesquelles elle a un lien intime, n'est pas un phénomène particulier à notre période géologique actuelle, mais s'est produite à toutes les époques, sur toutes les surfaces continentales et, qu'elle a, pendant toutes les phases de l'histoire géologique, détruit, au fur et à mesure, des chaînes de plissement précaires, tour à tour édifiées et nivelées, pour produire, à leurs dépens, les sédiments, déjà empruntés souvent à des sédimentations antérieures et destinées à en permettre d'autres plus tard... »

« Les notions géologiques, à la fois les plus simples et les mieux assises, donnent, en outre, un caractère d'évidence tout particulier à cette notion de l'érosion, sur laquelle j'insisterai ici. La géologie nous enseigne, comme nous le verrons bientôt, qu'il a existé des chaînes de plissement appartenant à des âges très divers et dont les saillies ont occupé, tour à tour, les zones distinctes du globe. Or, en comparant une chaîne carbonifère, comme celle qui a réuni autrefois le Plateau Espagnol, le Plateau Central, la Bohême et le Plateau Russe, avec l'aspect de nos Alpes tertiaires, en plaçant côte à côte des paysages empruntés seulement aux Pyrénées, qui sont d'âge éocène et d'autres empruntés

aux Alpes suisses, qui sont oligocènes, il semble saisir sur le vif les progrès de l'usure, comme on reconnaît aussitôt l'âge d'un homme aux flétrissures de son visage ou de son corps... »

« J'insisterai peu sur les agents bien connus de cette érosion pour passer bientôt à ses effets.

« Le premier peut-être de ces agents est cette altération chimique, dont nous avons étudié les effets dans un paragraphe précédent. Cette action lente et continue, qui enlève peu à peu aux terrains tous leurs éléments solubles, ne les diminue pas seulement du volume correspondant à ces éléments, mais les amène surtout à un état de désagrégation, d'effritement, qui facilite ensuite singulièrement le travail des eaux courantes. Un granite aurait résisté à l'usure mécanique des ruissellements pluvieux : une fois transformé en arène friable, il a bientôt disparu; le porphyre de nos côtes aurait opposé longtemps une digue aux vagues les plus furieuses : mais, kaolinisé auparavant par une action atmosphérique, qu'active ici la présence du chlorure de sodium pulvérisé, il est balayé en quelques marées. De même, sur nos plateaux calcaires, la corrosion profonde des circulations souterraines prépare d'abord des cavités semblables à celles d'un madrépore, un réseau de mines, dont le plafond usé finit un jour par s'effondrer.

« En même temps, les eaux courantes dans nos montagnes, les vagues sur nos côtes, exercent plus directement une érosion mécanique. Toutes les fois que les terrains sont imbibés d'eau, ou, du moins,

que, la couche supérieure du sol une fois imbibée, les précipitations aqueuses trop rapides n'ont plus le temps de pénétrer en profondeur, l'eau coule à la surface comme sur un sol imperméable et son énergie s'emploie à supprimer devant elle tous les obstacles. De là, l'érosion des torrents ou rivières, qui se traduit par un approfondissement de leur lit, un élargissement de leur vallée, une rectification de leurs courbes. L'érosion plus localisée de la mer travaille, comme nos mineurs, tantôt par un « trocage » préalable, qui, profitant de fissures, découpe la côte en damier, puis enlève les piliers isolés, tantôt par « sous-cave » en provoquant l'éboulement vertical des falaises.

« A ces deux modes d'érosion essentiels, il faut ajouter encore le travail des gelées, qui font éclater et débitent la pierre par la dilatation de l'eau en se solidifiant; celui du soleil, qui agit dans le même sens et émiette les sommets, le cheminement des glaciers, qui entraînent les blocs tombés à leur surface et usent en même temps leur fond, la force du vent qui transporte les sables et parfois, en projetant ces sables sur les roches, arrive à les strier, etc., etc. (I)... »

Érosion, transport et sédimentation non seulement détruisent et enlèvent les aspérités de la surface du Globe, et en combtent les dépressions, en régularisant en quelque sorte ce que les mouvements tectoniques bouleversent, mais en se cor-

(I) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 331, 333 et 334.

donnant ces fonctions ont fait disparaître des chaînes de montagnes entières, les ont transformées en plaines, en ont accumulé les débris dans la mer, qui a été transformée en terre ferme.

L'érosion se fait surtout à l'intervention de l'eau; le transport par glaciers, torrents, cours d'eau et mers, qui encore triturent et réduisent les matériaux, et rongent lits et berges; certaines substances sont transportées, tenues en dissolution; celles-ci se cristallisent probablement sans être sédimentées d'abord; quant à la sédimentation, elle s'opère aussi dans l'eau : ce liquide est donc le facteur essentiel des trois fonctions superficielles.

Une conséquence de cette intervention capitale de l'eau est que les bassins tendent à se transformer en plaines, les torrents en rivières et en général les cours d'eau à courant rapide à une vitesse de moins en moins grande; de l'état du lit d'un cours d'eau peut donc approximativement être inféré son âge, eu égard à la nature des terrains traversés.

L'étude comparée des cours d'eau et du bassin d'une région fournit la preuve incontestable et des grandes différences d'âge qui existent entre eux, et des transformations continues du relief et de la constitution de la surface du sol (1).

(1) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 165 et suiv., et *Succession des dépôts anciens*, p. 186.

CHAPITRE III

TRANSPORT DE LA MATIÈRE TERRESTRE

Selon les prescriptions actuelles de la géologie, le transport des produits de l'érosion se fait principalement par les cours d'eau et la mer : « Sir J. Murray a trouvé, pour dix-neuf des principaux fleuves, 1.38 kilomètres cubes et une proportion des sédiments au débit de l'eau égale à 38 : 100,000. Pour un débit d'eau annuel total de 28,000 kilomètres cubes, il est arrivé à estimer l'apport annuel de toutes les rivières du Globe à 10 kilomètres cubes. On a alors proposé de doubler ce chiffre pour tenir compte des régions sans écoulement maritime. On peut encore ajouter 5 kilomètres cubes de substances, non plus transportées mais dissoutes et, peut-être, 1 kilomètre cube résultant de la destruction des vagues sur les rivages. On arrive ainsi à un minimum de 26 kilomètres cubes par an (1). »

Ce transport suivi de la sédimentation sont des manifestations qui tendent à rétablir l'équilibre des matériaux terrestres conformément à leur densité

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 335.

respective, équilibre rompu par les mouvements du sol et des eaux; les proéminences de la lithosphère sont détruites par l'action érosive dont les produits sont charriés vers les bassins de sédimentation, où ils sont triés, groupés et fixés. Cependant tous les matériaux n'en arrivent pas jusque-là; les uns, blocs erratiques parfois du poids de milliers de kilogrammes tombent des glaciers; d'autres, fragments et cailloux roulés transportés par glaciers et cours d'eau, sont graduellement réduits par les chocs et les triturations; les sables fins et les vases sont entraînés de plus en plus avant vers les bassins de sédimentation, où certains matériaux sous forme de poudre impalpable (limon) sont véhiculés jusqu'à 250 kilomètres de la côte; ne restent plus alors que les substances tenues en dissolution par l'eau des mers et des océans; je constate que la proportion de ces substances dissoutes a deux causes d'accroissement, l'apport constant des affluents et l'absorption d'eau pure sous forme de vapeur par l'atmosphère.

Cependant le transport de la matière terrestre n'est pas que cela. Le mouvement dont est animé le Globe a une ampleur bien différente de celle que les géologues assignent généralement au transport.

Le mouvement de la matière terrestre n'est autre que la fonction capitale de l'évolution géologique; en effet, elle comprend outre le charriage des matériaux de la sédimentation, celui des mouvements centripète et centrifuge de la matière terrestre, dont les manifestations principales sont les déplacements descendants des sédiments et ascendants

des produits volcaniques. Ces derniers ne sont en effet autre chose que le transport vers la surface du sol, des produits du métamorphisme et du volcanisme. Il y a aussi les mouvements des phénomènes orogéniques, telle la formation de géosynclinaux, chaînes de montagnes, ainsi de suite, outre les mouvements moléculaires de la sédimentation et de la cristallisation.

Le *transport*, qu'il serait plus objectif de désigner sous le nom de *circulation de la matière terrestre* est donc essentiellement la fonction motrice du Globe, puisqu'elle comprend tous les phénomènes du mouvement de la matière terrestre dans l'atmosphère, dans les eaux et dans le sol. Les déplacements continuels des terrains temporairement les plus élevés : montagnes, collines, plateaux, et ce grâce aux cours d'eau qui en dévalent, ne sont donc en réalité, qu'une minime part de l'intervention qui incombe à la circulation de la matière dans l'évolution géologique de la Terre. N'y a-t-il d'ailleurs pas aussi à tenir compte du transport par le vent et des formations éoliennes, des éboulements et des glissements de terrains dans les régions montagneuses, ainsi que des déjections volcaniques, tous phénomènes de transport ou déplacements de matériaux distincts du charriage du limon, matière essentielle de la sédimentation proprement dite qui tapisse certaines régions du fond des mers? Cependant la sédimentation continentale quelle que soit l'origine de ses matériaux et le mécanisme de leur préparation se manifeste par des dépôts parfois

considérables étendus sur le flanc de montagnes, dans des plaines, des lits de cours d'eau et des lacs; mais le dépôt marin est partout le sédiment proprement dit; il forme sur le pourtour des continents une ceinture de formations parfois interrompue par des accidents locaux, et dont la plus grande limite s'étend à environ 250 kilomètres des côtes; la similitude de ces sédiments est grande avec les argiles et les marnes qui comptent parmi les terrains actuellement les plus répandus à la surface des continents, parce qu'ils n'ont encore subi qu'une altération minime depuis leur exondation.

En résumé, le *transport des géologues* est en réalité la fonction motrice générale de l'évolution du Globe; pour en faire la théorie complète il faudrait y introduire non seulement les mouvements centripète et centrifuge de la matière terrestre principalement sous forme de sédiment et de roche cristalline d'une part, et d'autre part, de produit lavique, mais aussi tous les différents mouvements de la matière terrestre, puisque simultanément à ses phénomènes orogéniques, chimiques, physiques et biologiques, la Terre est animée d'une circulation générale diversement localisée, et qui varie de manière d'être comme d'intensité, conformément à la nature spéciale du lieu où son activité s'exerce : atmosphère, cours d'eau, mers, volcans, surface et profondeurs du sol.

Le mouvement dont le Globe est animé change constamment de localisation, c'est-à-dire que la circulation et la stabilité des diverses formations

géologiques sont relatives et temporaires; elles se déplacent en passant alternativement par les divers faciès, en périodes diversement marquées de calme et d'intensité, en se morcelant et en se combinant les unes avec les autres, passant d'un mode de mouvement à un autre. L'évolution générale est donc subdivisée en phases localisées, dans chacune desquelles se manifeste de façon plus ou moins normale, une ou plusieurs fonctions, ensemble, ou séparément, ou diversement combinées, avec appropriation particulière à l'état géologique d'une localité; c'est-à-dire que tel centre d'activité géologique est caractérisé par une phase d'érosion, tel autre par une sédimentation, un troisième par des phénomènes volcaniques, ainsi de suite, tous phénomènes relativement isolés ou diversement combinés; se peut-il qu'une région soit le siège de la réalisation complète du cycle de l'évolution strictement localisée? Je n'en connais pas d'exemple; je pense même qu'il n'en peut exister, vu que la circulation de la matière terrestre oppose un obstacle insurmontable à la localisation complète de toutes les fonctions de l'évolution géologique dans une même région; d'ailleurs certaines fonctions s'exercent à la surface, d'autres dans les profondeurs du sol; généralement le Globe comprend des régions tranquilles et des régions agitées, et les déplacements de ces zones d'intense activité géologique ont lieu, pour autant bien entendu qu'en surface, soit par suite de la migration des climats, soit à cause des modifications du relief du sol dues à cette activité elle-même,

sous forme d'érosion, de transport, d'affaissements, d'exondations, ou de volcanisme ; il est donc certain que l'évolution ne se fait pas par cycles locaux disséminés, mais bien par centres d'élection plus ou moins étendus, d'une ou de plusieurs fonctions dont la suite normale ne se réalise le plus souvent en une région déterminée qu'avec de longs intervalles de repos, si toutefois elle a lieu ; la fonction dont les résultats prédominent actuellement à la surface de la lithosphère est la sédimentation ; il en a probablement toujours été ainsi parce que le sédiment est par essence le manteau supérieur du sol, où il s'étend horizontalement ; il en est de même mais en bien moindre proportion des produits solides évacués par les volcans ; ils sont d'ailleurs absorbés en quelque sorte par la sédimentation et recommencent ainsi le cycle de l'évolution ; de plus l'action des volcans est en partie verticale en tant que leurs produits proviennent des profondeurs.

Le dépôt du limon est un intéressant exemple de mouvement centripète de la matière terrestre sous forme de particules solides traversant une nappe liquide ; l'infiltration d'eau dans le sol, autre mouvement centripète, est un exemple de la traversée d'une couche solide par un liquide ; l'ascension de vapeurs et de gaz dans l'atmosphère est un mouvement centrifuge, tandis que les chutes de pluie, de neige et de grêle sont des exemples de matériaux liquides et solides animés de mouvement centripète et traversant une masse à l'état gazeux ;

l'évacuation des produits volcaniques est un mouvement de gaz, de liquides et de solides traversant une masse solide.

L'atmosphère, la terre ferme et les nappes d'eau sont des parties quasi organiques de la Terre; entre la première et les deux autres se réalise un échange constant de matière en circulation dont la proportion constante ainsi que la température conditionne l'existence et la vie des êtres vivants.

L'eau pénétrant dans le sol entraîne des substances tenues en suspension et en dissolution; dans les cours d'eau, le liquide mû par la pesanteur charrie des matériaux de fond dans le lit, attaque les berges et transporte des matériaux en quantité parfois considérable; cependant cette eau n'est pas que le véhicule de ces matériaux; elle-même est matière terrestre animée de mouvement centripète en même temps que les substances qu'elle véhicule.

Pendant que se produit la circulation de la matière terrestre dans le sol, les nappes liquides et l'atmosphère, ont lieu toutes les actions et réactions mécaniques, physiques, chimiques et biologiques dont le Globe est le théâtre. Ces mouvements étant en grande partie régis par la pesanteur, il se fait ainsi que l'attraction universelle qui règle le cours de la Terre, comme astre, domine également le dynamisme de tous les phénomènes terrestres. En ce qui concerne le mouvement ascendant de la matière ignée et principalement des produits laviques, des profondeurs du sol vers la surface, n'est-il pas incontestable que c'est encore la pesanteur

sous forme de pression qui est la cause efficiente de ce transport centrifuge? N'en est-il pas de même des sources jaillissantes de gaz et de liquides d'une température assez élevée qui sous pression, se répandent à la surface du sol? Certes les sources d'eau proviennent dans un grand nombre de cas de hauteurs voisines; mais il arrive aussi que mises sous pression à peu de distance de la surface par suite de l'effondrement lent et graduel du plafond de leur réservoir, elles jaillissent violemment dans l'atmosphère; des cas analogues se présentent probablement dans les volcans et même aux grandes profondeurs en ce qui concerne les intrusions de matière en ignition.

L'évolution géologique du Globe serait en conséquence dominée par la gravitation universelle, et chacune des fonctions de cette évolution serait en quelque sorte caractérisée par un mode spécial de mouvement savoir : 1° l'érosion par des phénomènes moléculaires de désagrégation, d'effritement, d'éclatement, ainsi que des modifications d'état physique et de composition chimique de la matière; 2° le transport réalise outre le déplacement proprement dit du limon, les éboulements et les glissements de terrain; les mouvements centripètes et centrifuges; les accidents tectoniques ou ensemble des dislocations des couches géologiques postérieurement à leur dépôt; ces déformations ont parfois une répercussion considérable sur l'état des roches, par suite de torsion, de pression, de frottement, de laminage; tous phénomènes mécaniques ayant

comme corrélatifs des changements de température, de tension électrique, etc., et par suite des modifications d'états physique et chimique; 3° la sédimentation s'accompagne de mouvements des matériaux; les sédiments s'altèrent et descendent en masse vers les profondeurs; 4° la cristallisation est caractérisée par le mouvement moléculaire de la formation des cristaux; 5° et 6° le métamorphisme et le volcanisme par des mouvements calorifiques et chimiques à haute pression de roches, de magmas et de produits laviques; le déplacement centrifuge de ces derniers, et ainsi de suite.

CHAPITRE IV

SÉDIMENTATION DE LA MATIÈRE TERRESTRE

Les sédiments transportés par eau courante, se concentrent dans les bassins de dépôt fluviaux, lacustres ou marins, principalement dans ces derniers; ils y sont soumis à des précipitations mécaniques et chimiques, et à des influences organiques, dont résultent les stratifications. Les sédiments sont donc étendus par couches discontinues à la surface du sol recouvert par l'eau; ils y sont parfois déplacés d'un endroit à un autre, par suite de mouvements du liquide, ou exondés, par suite d'un changement de niveau ou d'un déplacement du bassin de sédimentation; certains sédiments amenés dans les profondeurs se fixent, se cristallisent et subissent toutes les transformations du cycle d'évolution; d'autres après avoir été mis à sec perdurent à la surface, où leur partie superficielle s'imprègne de détritiques organiques. Quoi qu'il en soit, les sédiments proviennent tous de la destruction et du remaniement par érosion et transport, de roches cristallines, cristallophylliennes et de certaines déjections volcaniques, formes qu'ils repren-

nent tôt ou tard, en recommençant les mêmes transformations de l'évolution de la matière terrestre.

De la situation sensiblement horizontale des sédiments, dépendent leur succession chronologique dans l'ordre de leur superposition en stratification, et leur plissement ultérieur, là où elles sont inclinées, par un mouvement du sol postérieur à leur dépôt. Non seulement il se produit des modifications et des dislocations de strates, mais les bassins de sédimentation se déplacent; ils sont corrélatifs des déplacements des mers et « il n'est peut-être pas une région de la Terre, dans laquelle on ne trouve quelque trace de sédiment marin, c'est-à-dire qui n'ait été couverte, à un moment quelconque, par les flots (1) ». La distribution des terres et des mers est sujette à des variations continues et les continents se composent en grande partie de roches sédimentaires d'origine marine. De la localisation de la sédimentation résulte que des sédiments identiques ne sont pas de ce fait synchroniques et que des sédiments de natures différentes ne sont pas pour cela d'âges différents.

« Ainsi, la loi la plus élémentaire de la stratigraphie consiste à admettre que les terrains sédimentaires se sont superposés les uns aux autres avec les progrès du temps, de telle sorte qu'en les numérotant aujourd'hui de la base au sommet dans leur ordre de superposition, on a des étages 1, 2, 3, 4, de

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 452.

plus en plus récents. On part également de cette idée que ces sédiments sont, en principe, horizontaux et se retrouvent, par suite, au même niveau dans les diverses entailles résultant de la topographie actuelle.

« J'ai déjà indiqué, dans le chapitre relatif à la stratigraphie, combien ces principes trop absolus étaient contredits par la stratigraphie elle-même, c'est-à-dire par le mode de dépôt, de telle sorte qu'une même couche peut être, en divers points de son étendue, de plusieurs âges distincts, ou, au contraire, que plusieurs strates, semblant empilées les unes sur les autres, peuvent se trouver cependant contemporaines (1) ; »

« Ainsi que nous venons de le voir, la chronologie des sédiments est surtout fondée sur les variations de la faune et de la flore et il eût été à peu près impossible de l'établir sans elles. C'est, en fait, par les organismes, dont on y rencontre la trace, qu'un terrain quelconque est défini dans cette échelle chronologique et l'on ne manque jamais, quand on veut préciser l'âge d'une couche sédimentaire, de donner une liste de ses fossiles caractéristiques. Cependant il arrive que les fossiles fassent défaut, soit dans tout l'ensemble d'un système sédimentaire, soit dans de vastes parties de ce système et que l'on soit forcé de laisser la paléontologie pour tenter des identifications, toujours plus hasardeuses, au moyen de la seule stratigraphie, c'est-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 237.

à-dire en utilisant les relations du terrain inconnu avec d'autres terrains connus, ou celle d'une portion problématique avec d'autres portions fossilifères, qui semblent appartenir à la même couche.

« En outre, par une inconséquence qu'il était sans doute difficile d'éviter et qui tient peut-être aux anciennes idées de Cuvier et d'Orbigny, en même temps que l'établissement de notre série d'étages semble, dans le détail, strictement paléontologique, on a tenu à en fonder les divisions essentielles, les grandes coupures, sur certains mouvements importants du sol, ou plutôt des mers, auxquels on a cru pouvoir attribuer une généralité absolue : notamment sur les transgressions marines. J'en donnerai tout à l'heure quelques exemples.

« Quand on se borne à la région limitée de l'Europe, sur laquelle ont été faits la plupart des travaux classiques en géologie, ce manque de logique apparent n'a pas grand inconvénient, si ce n'est dans les détails : il se trouve, en effet, comme on pouvait aisément le prévoir, que chaque mouvement notable des mers, produit ou non par un mouvement antérieur du sol, a — soit en modifiant la profondeur et, par suite, la température des mers, soit en ouvrant et fermant la communication avec d'autres océans, soit en déplaçant des courants marins, — déterminé une transformation de la faune. Tant qu'on s'est contenté de distinguer les terrains principaux, il s'est même trouvé, par un phénomène tout-à-fait surprenant, que l'ordre de

succession paléontologique semblait à peu près universel, au moins quand il s'agit de terrains anciens, pour lesquels on est conduit à admettre une très grande uniformité de climat et de régime. Mais l'inconvénient est devenu de plus en plus manifeste à mesure qu'on a étendu et précisé les explorations géologiques, comme le progrès de notre science conduit de plus en plus à le faire (1).»

Dans le passage suivant, le savant professeur signale, me semble-t-il, plus nettement encore, l'état précaire de la classification géologique et partant aussi paléontologique « .. pour établir en stratigraphie des coupures fondées sur la paléontologie. Si l'on démontrait la coïncidence précise de ces coupures avec celles que l'on obtient, d'autre part, en se fondant sur la tectonique, les divisions du temps adoptées par les géologues sembleraient particulièrement satisfaisantes. Ces coïncidences apparaissent malheureusement de plus en plus rares, à mesure que les études s'avancent. Il n'est guère de cas où l'apparition et la disparition de nouveaux types organisés se fassent exactement et universellement avec un changement d'étage (2). »

Quant à la tectonique, elle ne donne pas de meilleurs résultats lorsqu'il s'agit de trouver des phénomènes généraux et non pas localisés, pouvant servir de base à la classification : « Et il en est de même pour toutes les périodes, où s'est produit quelque

(1) DE LAUNAY, *la Science géologique*, p. 208.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 200.

grand mouvement, sur lequel nous désirons fonder nos divisions d'étages, précisément parce que la plupart de ces mouvements n'ont pas dû se faire instantanément, mais se propager à la façon d'une onde et que nous prétendons, à cette division du temps mouvante dans l'espace, substituer une division indépendante de l'espace (1). »

Chacun sait qu'une exception dénote une erreur ou du moins une lacune de la théorie; si, par suite des progrès de la science, les faits exceptionnels tendent à se multiplier, cette théorie deviendra de plus en plus sujette à caution; si certains faits nouvellement découverts sont en contradiction formelle avec cette théorie, il devient certain que celle-ci est erronée. N'est-ce pas actuellement le cas de la classification des formations ou systèmes géologiques en époques? L'âge que la plupart des géologues assignent aux terrains, surtout aux couches profondes, n'est-il pas une erreur manifeste?

Le professeur de Launay apprécie de la façon suivante, la classification de Munier-Chalmas et de Lapparent: « Cette classification a été, on le conçoit aisément, précédée par beaucoup d'autres, qui, chacune à leur tour, ont représenté, sous une forme extrêmement condensée, l'état de la science stratigraphique et paléontologique au moment où on les a proposées (2). »

Il en sera de même des classifications à venir,

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 216.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 222.

qui auront la prétention de cadrer avec la succession des formations géologiques dans le temps, parce que tous les phénomènes de l'évolution terrestre sont localisés et que tous les terrains sont produits à toutes les époques, « il y aura toujours lieu de suspecter, plus qu'on ne le fait souvent, la belle symétrie, fondée sur des généralisations trop complètes et trop vastes pour avoir des chances de cadrer avec la complexité des phénomènes naturels (1) ».

« C'est ainsi que, lorsqu'il s'agit de régions compliquées comme les Alpes, les non-professionnels sourient parfois de la comparaison entre des coupes dessinées par d'excellents géologues, partis seulement de principes contradictoires, ou en constatant que certains terrains voyageurs se promènent, suivant le moment et suivant l'auteur, d'un bout à l'autre de l'échelle géologique; il semble, à ceux qui ne sont pas du métier, que la science géologique doive être bien mal assise, pour que les terrains métamorphiques de l'Attique soient classés : par les uns, dans le primitif, par les autres dans le crétacé, pour que les schistes lustrés des Alpes se soient promenés tant de fois du trias au précambien et du précambien au trias, avant de se fixer aux environs de ce dernier, avec tendance actuelle à rajeunir encore, pour que les terrains salifères du Saltrange indou aient remonté toute l'échelle des terrains du silurien à l'éocène, pour

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 227.

que les gypses d'Algérie, classés autrefois comme des éruptions éocènes, se soient, au contraire, un beau jour, réveillés sédiments triasiques (1).

Je suis de la catégorie des non-professionnels qui ne sourient pas, parce que je connais quelque peu les difficultés de la science; je me permettrai seulement d'objecter que non seulement les phénomènes géologiques sont localisés, mais que l'état des terrains se modifie graduellement, de jour en jour, de par l'action continue des forces terrestres auxquelles les terrains sont soumis; à ces forces est dû leur état actuel, qui, c'est incontestable, n'a pas toujours été ce qu'il est, et ne peut perdurer toujours, comme il se trouve être actuellement: tous les terrains se transforment pendant qu'ils existent, depuis le moment de leur formation sédimentaire ou autre, jusqu'au moment de leur destruction, soit par érosion, soit par toute autre fonction; il en résulte inévitablement que toute classification générale des terrains basée sur leur âge de formation est impossible et que cette classification ne peut être que provisoire, si basée sur la structure des terrains.

Comme les terrains ne se transforment pas tous également vite, étant, de par leurs situations différentes dans le sol, plus ou moins soumis à l'action des forces terrestres, il se produira nécessairement des différenciations, dues au métamorphisme, par exemple; en effet, de deux sédiments synchro-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 227.

niques, l'un soumis à un intense métamorphisme, l'autre situé dans une région momentanément soustraite à son action, qu'advient-il? Ce dernier conservera pendant longtemps sa place dans la classification actuelle, tandis que l'autre, dans un avenir rapproché, devrait être classé, selon la méthode que je critique, peut-être parmi les terrains que l'on croit devoir faire remonter aux premiers âges du monde!

Il est évident que les terrains de même composition agissent de façon sensiblement uniforme sur les fossiles qu'ils contiennent, c'est-à-dire que ces terrains ont le même pouvoir réducteur; les fossiles qu'ils contiennent disparaissent donc successivement, à partir des moins résistants; il en résultera que ces terrains, pouvant remonter à diverses époques, présenteront une certaine uniformité de composition fossilifère, et plus ces terrains seront anciens, moins nombreuses seront les espèces fossiles qu'ils contiendront; il n'y subsistera plus enfin que les traces des derniers fossiles que leur nature particulière rend plus rebelles à l'action cristallisante et métamorphisante de leur gangue; de là à conclure à l'uniformité de climat et de régime, de faune et de flore, des plus anciens terrains fossiles actuellement connus, la conséquence semble logique; les savants qui ont raisonné de la sorte, n'ont-ils pas été une fois de plus illusionnés par la preuve négative (1)?

(1) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 321.

Cependant des différences existent entre les régions profondes, mais à un degré beaucoup plus atténué qu'à la surface; les différents filons métalliques répandus à divers endroits des profondeurs et de la surface du sol, en sont des preuves manifestes. Fait plus important, il en est de même de l'analyse comparée des laves : « *Définition des laves.* — Le fait capital d'une éruption volcanique, celui dont les explosions et les projections de vapeurs, de cendres et de débris ne sont en général que les préliminaires, est l'*émission de lave.*

« Observons d'abord que, dans tout ce qui va suivre, le mot *lave* désignera simplement une roche en fusion. Ce mot n'implique pas une composition déterminée, mais qualifie seulement un état physique, qui peut, suivant la matière à laquelle il s'applique, donner lieu à des produits très différents par leur texture, leur densité, leur aspect et leur composition. Ainsi il peut y avoir des laves légères ou acides, contenant un excès de silice, et des laves lourdes ou basiques, toujours plus facilement fusibles que les premières. Les unes et les autres sont caractérisées par la présence constante de matières vitreuses, c'est-à-dire amorphes, associées à des cristaux qui tantôt paraissent préexister dans la lave, et tantôt se forment dans l'acte de sa consolidation; car il y a de sérieuses raisons de croire que beaucoup de laves arrivent au jour avec une provision de cristaux tout formés, qui s'écoulent avec la masse liquide en perdant quelquefois, par l'effet de la température, la netteté de leurs

arêtes. Cette opinion, défendue par Spallanzani et, plus tard, par M. Stoppani, semble confirmée par une observation faite au Vésuve, en 1883, par M. Mercalli. Un courant de lave, qui s'échappait alors des bords du cratère, avait à sa surface une couche vitreuse remarquablement fluide, où se trouvaient de nombreux cristaux, bien développés, de leucite.

« Presque toutes les laves sont constituées par des silicates plus ou moins basiques; c'est-à-dire que leur composition ressemble, tantôt à celle des *laitiers* de hauts fourneaux, tantôt à celle de *scories* métallurgiques. Ainsi qu'il est naturel de s'y attendre, elles sont, en général, d'autant plus siliceuses que leur sortie a lieu à une plus grande hauteur. Au Vésuve, la lave du sommet du cratère est riche en alcalis; plus bas, elle contient des minéraux ferrugineux, tels que le péridot, et sa densité devient plus considérable. A Ténériffe, les laves supérieures ont une teneur en silice de 50 à 59 % avec un poids spécifique de 2,35. Plus bas, vers le Portillo, la lave ne contient plus que 52 % de silice, elle renferme du fer et de la chaux et sa densité est de 2,945. Enfin, au bord de la mer se rencontre la lave du Guimar, véritable basalte avec 47 % de silice, beaucoup de fer et une densité de 3,01. La Guadeloupe offre également la réunion de trois sortes de laves, depuis celles qui contiennent de 70 à 74 % de silice jusqu'aux coulées inférieures qui n'en renferment que 45 %.

« Nous ajouterons que sur certains volcans, les

laves possèdent une proportion d'éléments ferrugineux magnétiques, suffisante pour leur permettre d'exercer une action sensible sur l'aiguille aimantée. Ainsi, à la suite de l'éruption de 1865, sur l'Etna, M. Fouqué, ayant mesuré la déclinaison magnétique en divers points du champ d'émission des laves, a trouvé des chiffres variant depuis 1 degré jusqu'à 18° 20' de déclinaison occidentale (1). »

« *Formations éruptives.* — L'absence de tout élément détritique constitue en général, avec l'état cristallin de la masse, une forte présomption en faveur de l'origine interne. Néanmoins, ces caractères peuvent se rencontrer chez quelques dépôts chimiques externes, comme aussi ils ont pu être acquis par certaines assises sédimentaires, sous l'influence du métamorphisme. D'ailleurs, à toute époque, il s'est formé des tufs, c'est-à-dire que les éléments amenés au jour par l'action éruptive sont plus d'une fois tombés, dès leur arrivée et dans une mesure très variable, sous la puissance des agents extérieurs, qui leur ont imprégné plusieurs des marques distinctives de la sédimentation. Mais s'il en résulte parfois, pour le géologue, beaucoup de difficulté à reconnaître, sur le terrain, la vraie nature d'une roche donnée, la distinction des formations éruptives n'en garde pas moins, dans la plupart des cas, une indiscutable netteté.

« Nous avons d'ailleurs décrit, dans le livre relatif à la composition de l'écorce terrestre, les

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 397.

variétés dont les roches internes sont susceptibles au point de vue de la composition et de la texture, et qui toutes attestent la grande diversité des conditions physiques et chimiques, tant intérieures qu'extérieures, au milieu desquelles a dû se faire leur consolidation (1). »

Le passage ci-dessus prouve la diversité des régions internes, et que les roches éruptives sont des sédiments transformés par métamorphisme et volcanisme. La difficulté de distinguer les formations métamorphisées des autres n'existe que pour les géologues qui croient à des formations primitives.

Il n'en est pas moins vrai que plus les terrains sont profondément engagés dans le sol, plus s'atténuent et disparaissent les empreintes organiques de leur formation et de leur séjour à la surface, comme sédiment; les climats, surtout la température et la distribution des continents et des mers, les organismes vivants, donnent un aspect caractéristique de vie à la surface, tandis que l'accroissement et l'égalité relatifs de la température selon la profondeur, doit nécessairement imprimer à celle-ci un caractère plus uniforme et exclusivement matériel; cependant l'homogénéité de la couche archéenne elle-même, n'existe pas « dans l'archéen le plus inférieur, on rencontre tous les types de roches éruptives, depuis les plus acides jusqu'aux plus basiques, ne différant des roches d'injection

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 1732.

que par leur tendance à la structure rubannée (1). »

Dans l'évolution générale du Globe, spécialement en ce qui concerne ses transformations géologiques et paléontologiques, la science devra définitivement renoncer à chercher à établir des subdivisions générales, et s'en tenir aux subdivisions locales, qui seules peuvent correspondre à la réalité des faits. L'inévitable nécessité de cette solution est indiquée dans le passage suivant : « En dehors de ces difficultés relatives à la détermination des divers terrains, la question plus générale des *limites d'étage*, des divisions stratigraphiques à établir entre les périodes géologiques et de leurs rapports avec les variations paléontologiques reste toujours un sujet de controverses ardentes, qui se portent tantôt sur un point de la question, tantôt sur un autre. Il ne faut pas nous en étonner, puisque, comme nous le verrons mieux encore tout à l'heure, on cherche là, en réalité, à préciser ce qui est probablement l'imprécisable, à fixer, pour l'ensemble de la Terre, des divisions, qui, si on les veut exactes, ont toutes les chances possibles pour ne posséder qu'une valeur locale. » (Note au bas de la page : « Il arrive même, comme on l'a fait remarquer dans le bassin de Vienne [in Süs, I, 15], que la transformation des êtres marins ne soit pas synchronique de celle des êtres terrestres) — L'idée de divisions universelles pouvait se soutenir très logiquement alors que l'on admettait la théorie

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 728.

métaphysique des créations successives; à moins de revenir, comme c'est un peu la tendance du moment, à l'idée de cataclysmes, d'événements généraux dans l'histoire de la Terre, elle devient bien difficile à admettre, sinon à titre conventionnel, avec nos idées actuelles sur des évolutions parallèles et à peu près indépendantes (1). »

Cependant (p. 227), le professeur de Launay termine le paragraphe traitant de l'« *Application de l'échelle chronologique* » à la détermination de l'âge d'un terrain quelconque, par la conclusion quelque peu surprenante : « et nous pouvons, dès à présent, dans l'immense majorité des cas, considérer qu'un terrain quelconque, interrogé par nous avec suffisamment de patience et d'adresse, doit finir par nous répondre son âge avec une remarquable précision. »

En ce qui me concerne, je regrette de ne pouvoir admirer cette fois « la patience et l'adresse » du savant professeur.

« La science n'en est pas encore à ce point d'avoir conquis un *chronomètre* qui lui permette de mesurer le temps écoulé, même dans la période qui a immédiatement précédé la nôtre (2). »

Je pense même qu'aucun géologue n'est en possession d'un chronomètre qui lui permette de mesurer la durée de tous les phénomènes géologiques actuels.

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 206.

(2) DE LAPPARENT, *Géologie* p. 1730.

Telle que nous l'observons actuellement, la matière terrestre semble soumise depuis un temps indéfini, aux mêmes fonctions géologiques, qui se succèdent plus ou moins régulièrement, sans commencement ni fin; il est donc assez logique d'en inférer que les résultats de ces fonctions ont toujours été sensiblement les mêmes; dès lors, n'est-il pas évident qu'aucun terrain n'est d'une époque déterminée, et que tout au contraire, les différents terrains sont produits à toutes les époques; mais, comme les produits de la sédimentation se superposent, les plus profonds sont relativement les plus anciens, si leur ordre de superposition n'a pas été troublé. Or, grâce au cycle de l'évolution géologique, les plus anciens résultats actuellement existants de la sédimentation vont devenir les plus récents de la cristallisation, puis du métamorphisme, et ramenés à la surface du sol, redeviendront par érosion et transport, les plus récents produits de la sédimentation; bien entendu, ils auront à traverser régulièrement toutes les phases de leur évolution. On ne peut donc rien affirmer avec une quasi-certitude, qu'en ce qui concerne l'âge relatif de strates en place d'une formation bien localisée... et encore?

« Malgré l'existence possible de quelques grandes dates correspondant à des phénomènes universels, ou du moins très généraux, dans l'histoire du Globe, il est, je crois, toujours dangereux de spéculer sur la rencontre d'une semblable étape universelle pour fixer la limite d'un terrain ou d'un étage.

« Si paradoxal que cela puisse paraître et si contraire aux idées habituellement reçues, il me semble donc qu'une succession de phénomènes a d'autant plus de chances pour nous donner une série chronologique précise et indiscutable qu'elle est plus localisée. Plus on cherche à envisager des phénomènes généraux, comme c'est une tendance naturelle pour établir les divisions sur de grands événements de l'histoire, plus on se lance dans l'arbitraire et dans l'inconnu ; plus on en revient inconsciemment « aux créations successives » de Cuvier et de d'Orbigny, aux « refontes générales des organismes » de Heer ; plus on se met en contradiction avec l'idée de continuité, ou, tout au moins, de développement rythmique, qui paraît avoir dû présider aux transformations de la vie (1). »

« Cette théorie des « cataclysmes », des « créations successives », qui, défendue encore vers 1850 par d'Orbigny, a, directement ou indirectement, entraîné tant d'erreurs géologiques (2), » nous vient en droite ligne de la Genèse.

Le moment me semble choisi de répéter, après M. de Lapparent : « Malheureusement les temps n'étaient pas mûrs pour une saine interprétation des choses, et si ingénieuses que pussent être les conceptions de certains philosophes, toutes se ressentaient du caractère, essentiellement local, des observations sur lesquelles elles avaient été

(1) DE LAUNAY, *la Science géologique*, p. 207.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 192.

fondées. Cependant, à vouloir façonner tout le globe à l'image du coin de terre qu'on habite, se retrouvera d'ailleurs longtemps encore dans l'histoire de la science, et ce n'est pas avant la fin du XVIII^e siècle que le progrès des voyages imposera aux observateurs une plus grande largeur de vues (1). »

M. de Lapparent ne s'est-il pas mépris? Et longtemps encore après la fin du XVIII^e siècle, malgré bien d'autres progrès que ceux des voyages ne s'est-il pas rencontré certains apôtres de géologie orthodoxe, à interprétations se ressentant du caractère essentiellement local de leurs croyances?

Nul doute, ces préjugés d'école s'évanouiront graduellement au contact direct de la Nature : la vérité de l'œuvre dissipera l'erreur de la tradition.

«... toutes les cosmogonies, dont le principe nous est parvenu, — cosmogonies, qui furent des formes de science, c'est-à-dire des tentatives pour expliquer le monde, — admettaient une création de la Terre, une création du Soleil et des astres, sortant d'un chaos analogue à celui que nous imaginons nous-mêmes, puis une création des animaux et de l'homme, c'est-à-dire supposaient, d'une façon générale, que l'état de choses actuel avait été précédé par un état de choses antérieur et différent (2). »

C'est précisément ce que je ne crois pas.

Ceux qui admettent un commencement de l'état de choses actuel, ne peuvent échapper à la croyance

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 7.

(2) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 43.

à une création ; aussi conforme aux lois naturelles qu'ils la puissent imaginer, elle sera quand même un phénomène surnaturel, c'est-à-dire d'une réalisation impossible.

Je persiste à croire plus près de la vérité, ceux qui comme moi, pensent que l'évolution de la Terre a toujours occasionné des migrations des différents milieux terrestres, avec leurs faunes et leurs flores, en même temps que s'opéraient certaines transformations compatibles avec l'identité de chaque espèce : plante, animal et homme, ces migrations étant nécessitées et réglées par les déplacements des pôles et accidentées par les mouvements orogéniques du sol (1).

« Lorsque l'on recueille dans un même gisement une série de restes de végétaux fossiles appartenant à des espèces variées, il y a grand intérêt à la reconstitution de l'association végétale formée par les éléments recueillis. On pourra quelquefois, dans une localité voisine, rencontrer d'autres restes et reconstituer une autre association. Connaissant plusieurs associations de même âge, il sera possible de reconstituer une formation et de se rendre compte ainsi des conditions climatiques auxquelles était due son existence (2). »

En complétant ces données de celles fournies par la faune fossile, on pourrait ainsi mieux suivre les effets successifs des déplacements graduels de l'axe

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, pp. 85 et suiv.

(2) HAUG, *Géologie*, p. 48.

terrestre par rapport à une série de lieux ; mais les difficultés d'une reconstitution assez étendue seraient considérables à cause des changements de la topographie des différents endroits d'une région, de la complexité de leur structure géologique respective, de leurs différences d'altitude, ainsi de suite ; il est évident que toutes ces différences de l'un milieu à l'autre, modifient considérablement leurs conditions biologiques aussi bien dans le sens horizontal que dans le sens vertical. C'est en somme la méthode de suivre une peuplade préhistorique à la piste dans les emplacements successifs occupés par elle, dont je me suis occupé dans *Science de l'homme* (1). Les paléontologies végétale, animale et humaine suffisamment documentées en espèces fossiles et en renseignements relatifs aux milieux successivement occupés par elles, permettront peut-être un jour de suivre les migrations graduelles des climats. C'est généralement la température qui règle la distribution des organismes vivants ; il en résulte que les deux régions polaires ont des flores et des faunes identiques ; quant aux régions tempérées et équatoriales, il est quasi impossible d'établir des limites nettement tranchées à cause des nombreux passages insensibles de l'une zone à l'autre dus aux différences d'altitude, distribution des terres et des mers, ainsi de suite (2).

(1) P. 89 et suiv.

(2) Voir à ce sujet les remarquables considérations du savant professeur HAUG. *Provinces botaniques et zoologiques, Géologie*, chap. IV, p. 46, ainsi que *Rôle des migrations*, chap. XXX, p. 550.

Les migrations de plantes, d'animaux et d'hommes corrélatives des déplacements de milieux et de climats, se font avec une lenteur telle que nous ne pouvons les apprécier que par leurs résultats; les plantes suivent généralement la migration par la dispersion de leurs graines, les animaux et l'homme grâce à leur locomotion; la rencontre d'obstacles parfois infranchissables tels que mers, chaînes de montagnes, déserts, explique des extinctions, des dégénérescences, des disjonctions, ainsi que des formations de races nouvelles, lorsque les influences dues à des conditions biologiques nouvelles s'écartent sensiblement des précédentes influences auxquelles les immigrants étaient soumis.

L'homme excepté, je ne pense pas qu'il existe une autre espèce réellement cosmopolite, parce que seule l'espèce humaine comprend des subdivisions naturelles en races appropriées à tous les milieux du Globe; d'ailleurs l'industrie humaine aide à résister aux influences les plus néfastes, auxquelles plantes et animaux succombent. Les exemples de localisations génériques et spécifiques si remarquables de plantes et d'animaux dans certaines îles, ne peuvent semble-t-il résulter que d'un isolement accidentel de plus en plus complet et d'une durée fort longue, par suite d'un resserrement de plus en plus étroit de leur milieu, entouré d'un obstacle infranchissable, comme une île isolée dans l'océan Pacifique, seul témoin de plus en plus réduit d'un ancien continent, à conditions biologiques de plus en plus uniformes par consé-

quent : modifications de distribution des continents, des îles et des mers ; disparition de continents dont il ne subsiste plus que fragments sous forme d'îles isolées, elles-mêmes en voie d'anéantissement, tels sont les faits qui expliquent la distribution actuelle des espèces contemporaines de plantes et d'animaux, ainsi que de quelques races humaines actuellement à l'état sauvage.

Il me semble incontestable que notre région devait être plus rapprochée du pôle Nord qu'elle ne l'est actuellement, lorsque des glaciers écossais et scandinaves s'étendaient jusqu'en Belgique, que des glaciers transportaient des blocs erratiques de la Suisse aux environs de Lyon et que le renne broutait dans le Périgord.

Y a-t-il une autre explication de cet état de choses si différent de l'état actuel de notre région ? Je ne le pense pas.

Dans l'Europe occidentale, lors du retrait des glaces vers le nord, le renne semble avoir pu suivre la migration de son milieu à partir du 43° degré ; en deçà de cette latitude sa présence à l'état fossile n'a pas été constatée en France. Or de l'examen comparé des gisements du renne qui ont été explorés, à partir du Périgord dans la direction nord, résulte que le séjour d'alors de cet animal dans le midi de la France est relativement le plus ancien ; il est donc logique d'en inférer que les troupeaux de rennes ont progressivement effectué leur migration du Périgord vers les hautes latitudes, à la suite des déplacements successifs du

régime polaire et qu'il a dû en être ainsi de tous les êtres polaires, hommes, animaux et plantes, contemporains des rennes dans ce milieu.

En même temps que s'opère la migration graduelle et normale des milieux et généralement aussi des climats, par suite du déplacement de l'axe terrestre, se produisent des migrations accidentelles de plantes, d'animaux et de l'homme, dues aux mouvements tectoniques, tels les perturbations de la distribution des terres et des mers, la formation de détroits et de chaînes de montagnes; tous phénomènes jetant de grandes modifications dans la distribution climatique des espèces vivantes. Semblable phénomène, la formation naturelle du détroit de Gibraltar, s'est répété de nos jours par le percement de l'isthme de Suez et se reproduira par la construction du canal de Panama. Et ces phénomènes sont à double effet; Gibraltar a réuni les faunes marines de l'Atlantique et de la Méditerranée en même temps qu'il scindait les faunes terrestres de l'Europe et de l'Afrique, à l'exception de quelques espèces d'oiseaux et d'insectes. Une faune marine se substitue parfois subitement à une faune terrestre, par suite de l'irruption de la mer en terre ferme (*Zuiderzee*). Des communications nouvelles, s'établissant entre des continents ou des îles provoquent des migrations et des mélanges d'espèces. Ce sont donc toutes migrations anormales dues à des accidents géologiques, tandis que les migrations normales sont conséquences des déplacements graduels de l'axe terrestre; ces déplacements

régleraient non pas les migrations accidentelles de quelques plantes, d'animaux et d'hommes, mais celle des milieux avec leurs conditions biologiques à la surface du Globe; le chronomètre de l'histoire de la Terre serait donc réglé par la position relative de notre planète et du Soleil.

Il n'existe donc pas d'espèces aborigènes; la nécessité inéluctable des migrations par suite des transformations géologiques de la surface du Globe et de la mobilité des climats, rend toutes les espèces vagabondes; la fréquence des migrations varie de l'une région à l'autre, selon l'intensité de l'évolution particulière à chacune d'elles.

Cependant les migrations en question n'ont pas toujours pu se faire graduellement; ne sont-elles pas rendues impraticables en cas d'effondrement brusque qui n'aurait laissé subsister que la partie centrale d'une région, en isolant complètement les occupants de cette partie restée en place ou en leur coupant la retraite vers le nord; tel un plateau élevé à climat froid, comme les hautes régions des Alpes suisses; les conditions biologiques, dues à la situation exceptionnelle de ce témoin, auraient donc isolé, en leur rendant la vie possible, quelques débris des faunes et des flores de cet ancien plateau, espèces congénères de celles des régions actuellement voisines du pôle. N'en est-il pas précisément ainsi actuellement de la végétation et des animaux des régions élevées de la Suisse, qui non seulement ressemblent à ceux des zones polaires, mais comprennent des espèces identiques à celles de la

Laponie, du Spitzberg et du Groenland; d'autre part, en cas de retraite coupée vers le nord des anciens occupants, la région peut avoir reçu des immigrants venus du Midi; ainsi s'expliqueraient également ces mélanges de faunes de l'Europe occidentale à l'époque quaternaire, ainsi que la présence du mammouth dans les régions actuellement polaires, et celle du renne dans le midi de la France, et celle de *Corbicula fluminalis*, espèce qui ne vit plus aujourd'hui que dans les régions chaudes de l'Afrique et de l'Asie, mais dont les restes fossiles se retrouvent en France, unis dans certains graviers, à ceux d'*Elephas antiquus*. Et moins encore que l'éléphant, l'hippopotame est en état de résister à un climat froid; ces espèces sont d'ailleurs incapables de trouver en hiver, une nourriture suffisante dans une région envahie par des glaciers; la durée de ce qui est actuellement appelé *époque glaciaire* a dû être fort longue, même géologiquement parlant, puisque pendant sa durée dans l'Europe occidentale, nous y trouvons les preuves incontestables de climat chaud et de climat froid. Dans les régions actuellement arctiques, l'existence d'un climat chaud, attesté par la présence du mammouth, est surabondamment confirmée par les innombrables ossements de grands pachydermes que l'on y découvre à certains endroits. En ce qui concerne particulièrement le mammouth, on a beau dire que son épaisse toison pouvait le préserver des rigueurs du climat; suffit-il d'être chaudement couvert pour

supporter des températures de -50° centigrades; ne faut-il pas aussi une nourriture appropriée à telle température et à tels herbivores? Est-il admissible que là où se retrouvent les ossements d'individus si nombreux, ces pachydermes pourraient vivre actuellement, même en été? Evidemment non; il est donc probable que la retraite vers le sud fut coupée à ces malheureuses bêtes et qu'elles périrent misérablement à mesure du rapprochement du pôle Nord, d'où l'abaissement graduel de la température et la pénurie croissante de la nourriture : la discordance vitale allant jusqu'à l'impossibilité est évidente entre le climat actuel et l'existence de ces animaux.

La présence dans ces régions arctiques de récifs coralliens et de plantes fossiles dont les congénères actuelles sont équatoriales confirment les inférences ci-dessus, ainsi que celles à tirer de la flore et de la faune fossiles de notre région; l'étude des glaciers y conduit aux conséquences identiques.

« *Preuves de la multiplicité des invasions glaciaires.* — Pendant longtemps les géologues n'ont eu connaissance que d'une seule période de grande extension glaciaire, que l'on plaçait au début du Quaternaire, en lui donnant le nom de *période glaciaire*. Mais, vers la fin du siècle dernier, de nombreux faits sont venus ébranler cette conception simpliste, en démontrant, d'une part, l'existence de glaciations localisées dans certaines régions, mais cependant très-étendues, datant des temps paléozoïques, et en mettant, d'autre part, en évi-

dence la multiplicité des avancées et des retraits glaciaires au Quaternaire.

« L'existence de plusieurs phases de glaciation successives, à l'époque quaternaire et celle de périodes interglaciaires marquées par des retraits considérables sont aujourd'hui assez généralement admises. Il n'y a de divergences que sur le nombre des phases glaciaires, qui varie, suivant les auteurs, de 3 à 6, et sur leur importance. Ce n'est pas ici le moment de discuter ces questions de chronologie, qui trouveront leur place dans le chapitre que nous consacrerons à l'étude de l'ère quaternaire dans la deuxième partie de cet ouvrage. Il ne peut s'agir pour l'instant que d'indiquer brièvement la nature des faits sur lesquels on s'est basé pour affirmer la multiplicité des phases d'extension glaciaire et qui sont, les uns, d'*ordre stratigraphique*, les autres d'*ordre topographique*.

« On observe fréquemment, dans une même coupe, la superposition de deux masses d'argile à blocs, c'est-à-dire de deux moraines de fond, dont l'inférieure présente à sa partie supérieure, au contact de la masse supérieure, des traces manifestes d'altération. L'argile est rubéfiée, les galets sont plus ou moins décomposés. Comme les argiles à blocs sont relativement peu perméables et que d'ailleurs la couche supérieure est intacte, ou n'est altérée que superficiellement, on doit conclure que l'altération de la masse inférieure n'a pu se faire qu'à l'air libre, avant que le glacier ait déposé la masse supérieure. Si des observations de même ordre

peuvent être faites sur des surfaces assez étendues, il est légitime d'admettre qu'après avoir déposé une première moraine de fond, le glacier s'est retiré assez loin et pendant un temps suffisamment long pour que cette moraine ait subi, sur une grande étendue, une altération à l'air libre; puis qu'il est revenu prendre possession de la région, en y déposant une nouvelle moraine de fond.

« L'existence de deux phases de glaciation, séparées par une phase de retrait, est rendue encore plus certaine, lorsque, entre les deux formations glaciaires superposées, on observe la présence de *formations interglaciaires*, telles que lignite, tufs, cônes de déjections torrentielles, alluvions fluviatiles ou lèss d'origine éolienne, en un mot de dépôts qui n'ont pu se former tant que le glacier occupait la région et qui indiquent souvent, par les restes organiques qu'ils renferment, un climat inconciliable avec la présence des glaciers. On doit conclure de ces faits que les glaciers se sont retirés, au moins jusque dans leur région d'alimentation, pour un temps assez considérable.

« Les arguments topographiques ne sont pas d'une moindre valeur.

« On rencontre dans beaucoup de régions, en particulier dans les Alpes, des moraines externes à des états de fraîcheur très différents. Il en est de très altérées, d'autres qui possèdent encore une telle fraîcheur qu'elles donnent l'impression d'un retrait tout à fait récent des glaciers. Les premières sont situées très loin des glaciers actuels, dans les

plaines qui bordent la chaîne, elles marquent d'ailleurs le maximum d'extension des glaces. Ce sont les *moraines externes*. Les secondes se trouvent dans les vallées mêmes, elles indiquent une extension moindre et une plus grande individualité de chaque glacier. On les a appelées les *moraines internes*. Leur plus grande fraîcheur permet de supposer qu'elles sont beaucoup plus récentes que les moraines externes. Mais il y a plus : ces diverses moraines constituent des complexes glaciaires, des appareils fluvio-glaciaires, dans le sens qui a été précisé plus haut. On retrouve ces appareils aussi bien dans le cas des moraines externes que dans celui des moraines internes. Les nappes de cailloutis qui se raccordent avec les amphithéâtres morainiques par un cône de transition peuvent être rapportées à l'un ou à l'autre système de moraines et l'on a pu faire la constatation tout à fait capitale que celles qui appartiennent au système des moraines externes occupent un niveau bien plus élevé que celles qui se raccordent avec les moraines internes. Les deux systèmes de nappes forment des terrasses emboîtées, tout à fait comparables aux terrasses d'alluvions des cours d'eau, dont l'origine a été discutée dans le chapitre précédent. Il ne peut y avoir de doute que les hautes terrasses, qui appartiennent au système des moraines externes, sont plus anciennes que les basses terrasses, du système des moraines internes. Elles sont séparées par une phase de creusement, qui correspond à une phase de retrait des glaciers, à une période interglaciaire.

« D'ailleurs, les nappes de cailloutis qui conduisent respectivement aux moraines internes et aux moraines externes ne sont pas les seules que l'on rencontre sur le bord des Alpes.

« Il existe encore deux nappes, qui forment des terrasses beaucoup plus élevées que les basses et les hautes terrasses, de véritables plateaux et qui, vers l'amont, passent également à des moraines beaucoup plus altérées que celles dont il a été question jusqu'ici.

« La formation de ces quatre nappes de cailloutis correspond sans aucun doute à quatre glaciations successives, séparées par des phases de retrait des glaciers, pendant lesquelles les eaux de fonte formaient un cours d'eau torrentiel qui creusait son lit dans la nappe de cailloutis de la phase glaciaire antérieure, c'est-à-dire en contre-bas de l'ancienne surface topographique, donnant lieu ainsi à la formation d'une terrasse.

« La preuve de ces faits, avec exemples détaillés à l'appui, trouvera sa place lorsque nous ferons l'histoire de l'ère quaternaire. C'est là aussi que l'on trouvera toutes les indications bibliographiques et les illustrations relatives aux données que nous venons de résumer.

« L'emboîtement des terrasses correspondant aux quatre glaciations successives est non moins évident dans le haut des vallées alpines, où l'on ne rencontre plus de formations fluvio-glaciaires, mais uniquement des moraines. On a souvent pu observer que chaque système de moraines se trouvait en

contre-bas de celui de la phase précédente, occupant un palier moins élevé. Le creusement dans les phases interglaciaires a donc remonté les vallées jusqu'à leur origine. Quelques auteurs ont voulu y voir une série d'auges formées par le surcreusement glaciaire et emboîtées les unes dans les autres.

« Nous laisserons entièrement de côté pour le moment la question des glaciations antérieures à l'ère Quaternaire; elle sera traitée en temps et lieu (1). »

La glaciation d'une région quelconque étant périodiquement réglée, à mon avis, par les déplacements graduels de l'axe terrestre, la question de savoir si les traces de plusieurs glaciations séparées par des périodes de retrait des glaces et de climat chaud, existent encore dans l'Europe occidentale, est tout à fait secondaire en ce qui m'occupe en ce moment. Mais ce qui importe, afin de pouvoir expliquer la présence parfois simultanée d'animaux les uns de climat chaud, d'autres de climat froid dans notre région pendant le Quaternaire, est de pouvoir démontrer l'existence d'un intervalle à climat chaud séparant les deux dernières glaciations. Ce fait me semble établi incontestablement. Quant à l'objection de l'uniformité de climat sur la surface entière du Globe, au moins jusqu'à l'époque carbonifère des géologues; qu'il me suffise de demander à ces messieurs si c'est jusqu'à cette époque qu'ils croient pouvoir faire remonter la présence des grands pachydermes dans

(1) HAUG, E., *Traité de géologie*, Paris, 1907, t. I^{er}, p. 464.

les régions actuellement polaires, afin d'y expliquer leur présence et leur extinction? Dans ce cas invraisemblable, j'en serais réduit à les inviter à y aller déguster une entrecôte de mammoth.

Peut-on expliquer autrement ces aires de dispersion actuellement disjointes d'espèces identiques et la situation de nos jours isolée, de quelques-unes d'entre elles, si ce n'est en admettant la formation de régions nouvelles, à conditions climatiques différentes, ayant établi un intervalle infranchissable entre les mêmes espèces dont certains individus ont pu émigrer vers le pôle, alors que la retraite était coupée à d'autres. Des exemples de phénomènes inverses, où la retraite fut coupée vers le Midi, ne manquent pas; des brèches ossifères de l'île de Malte, renferment *Elephas melitensis*, *Hippopotamus* et un ensemble de faune nettement de climat chaud; la formation de l'Adriatique, de la mer Egée, du Bosphore, des Dardanelles et les importants effondrements qui se sont produits dans cette région pendant l'époque pléistocène, se rattachent probablement comme épisodes, à la transformation graduelle générale du bassin de la Méditerranée, qui se poursuit encore actuellement.

Ne semble-t-il pas que des phénomènes géologiques similaires, permettent d'expliquer l'isolement de certaines tribus sauvages dans des îles éloignées de toute communication? Dans ce cas, l'effondrement presque complet d'un continent, suivi de l'envahissement des eaux de l'Océan dans les dépressions du sol ainsi produites, aura isolé

sur une île, témoin de ce continent, quelques débris d'un peuple, que l'abandon complet aura réduit à l'état sauvage.

Les flores, les faunes et l'humanité, ensuite de la migration de certains groupes d'individus et de l'isolement complet de certains autres, sont actuellement subdivisées en fractions analogues à la distribution actuelle des différentes régions discontinues du Globe, en rapport avec leurs conditions biologiques; il en résulte que certaines espèces sont florissantes, tandis que d'autres dépérissent, par suite de modifications favorables ou défavorables apportées à leurs conditions vitales antérieures. Il me paraît incontestable que ces localisations d'espèces actuelles sont dues à la constante mobilité de la surface du sol, conséquences des fonctions de l'évolution de la matière terrestre, des déplacements graduels des pôles et aussi peut-être des déplacements accidentels du centre de gravité de la Terre, à la suite d'effondrements considérables de la croûte; en somme, la distribution actuelle des organismes vivants serait aussi une conséquence de l'instabilité de la structure du Globe.

« Un remarquable exemple de la dissemblance des faunes, malgré la similitude des conditions géographiques, nous est offert par le groupe formé de l'archipel de la Sonde, des Moluques et des îles voisines de l'Australie. A l'ouest du canal étroit qui sépare les deux îles de Bornéo et de Célèbes, on voit se développer sur Java, Bornéo, Sumatra, le Cambodge, une faune entièrement asiatique, tandis

que sur celle de Sumbava, de Florès, de Timor, des Moluques, de la Nouvelle-Guinée, offre un type australien bien tranché; même les oiseaux diffèrent nettement dans les deux groupes d'îles.

« L'île de Ceylan, presque entièrement réunie à l'Hindoustan, en diffère grandement par la physionomie générale de ses animaux. Haïti et la Jamaïque n'offrent, dans leur faune, aucune ressemblance avec le continent américain, dont elles sont pourtant si voisines, et la Nouvelle-Zélande forme un monde à part, aussi séparé de l'Australie que de l'Amérique du Sud, comme si elle n'était plus que le reste d'un ancien continent peu à peu détruit.

« On a remarqué que les îles un peu étendues, telles que Cuba, la Jamaïque, Haïti et Madagascar, ont une faune malacologique spéciale. De plus, celles qui sont le mieux caractérisées sous ce rapport sont les îles que des mers profondes séparent des terres voisines. Au contraire, la Grande-Bretagne, qu'un exhaussement de moins de 70 mètres suffirait pour réunir à la France, ne possède (à l'exception d'une limnée recueillie dans une seule localité de l'Irlande) aucun mollusque terrestre ou fluviatile qui lui soit propre. Or comme il y a, en général, un rapport assez intime entre la profondeur d'un détroit et son ancienneté, on peut en inférer que les îles à faunes distinctes sont celles dont la séparation d'avec les autres terres remonte à la date la plus éloignée.

« Les espèces isolées abondent aussi parmi les

animaux terrestres, et la classification du règne animal, quand on se borne aux types vivants, offre des lacunes que la paléontologie seule donne le moyen de combler. Aussi voit-on se justifier tous les jours l'assertion, émise pour la première fois par Forbes, que les diverses provinces zoologiques sont des groupes organiques *d'âges différents*, dont les relations mutuelles, dans l'espace, n'ont pas toujours été ce qu'elles sont aujourd'hui.

« En résumé, de même que les continents et les océans se sont révélés à nous, à la suite d'un examen attentif, comme des assemblages, plus ou moins hétérogènes, de compartiments distincts, dont on devine que chacun doit avoir son histoire; de même la population animale et végétale actuelle des continents est le résultat des influences multiples, que les changements successifs de la terre et des mers, ont exercées sur des groupements organiques antérieurs. L'homogénéité n'est pas plus apparente dans les faunes et dans les flores qui nous entourent que dans les formes inertes du globe, et si l'on veut néanmoins se convaincre de sa réalité, c'est dans la combinaison du présent et du passé qu'il en faut chercher la démonstration.

« Cette nécessité apparaît surtout lorsqu'on se trouve en présence de faunes lacustres à *facies marin*, comme cela paraît être le cas pour le lac Tanganyka, en Afrique, pour les lacs Venern et Wetteren, en Suède, Ladoga, en Russie, enfin pour certains lacs italiens, qui contiennent des crustacés et des poissons dont les affinités méditerranéennes

sont évidentes. Il est bien difficile de se refuser à y voir d'anciens bassins maritimes, graduellement séparés de la mer, dans des conditions qui ont rendu possible la survivance, avec modification progressive, de certains types (1). »

La distribution de la terre ferme et des eaux, ainsi que celle des êtres vivants est donc un phénomène variable de la structure de l'écorce terrestre. N'est-on pas surpris de constater que M. de Lapparent voit dans les continents actuels un « élément primordial » de cette structure (2)?

J'en reviens à la sédimentation.

Les gros matériaux de transport n'arrivent qu'exceptionnellement jusqu'à la mer; ils restent en route, déposés par les glaciers, les torrents et selon leurs dimensions, arrêtés successivement dans les lits des rivières et des fleuves, à mesure qu'ils se rapprochent de leur embouchure.

Les sédiments proprement dits sont transportés à la mer, mais c'est à peu de distance des estuaires et des rivages qu'ils sont généralement déposés. Restent les matériaux transportés en dissolution; seuls ils sont véhiculés au large; arrivés dans les régions profondes et tranquilles des océans, ils descendent et se nivellent probablement à leur densité respective, en accumulations à combinaisons chimiques distinctes, dont les molécules identiques se trouvent ainsi dans une eau mère

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 116 et suiv.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 63.

constamment saturée à nouveau, où elles se groupent, cristallisent en se stratifiant (1).

« Les couches géologiques ont, en effet, une allure toute différente quand on s'éloigne de la côte pour gagner le large.

« Ainsi les conglomérats formés de gros galets soudés ensemble, les grès grossiers n'ont pu se former qu'à proximité de la côte. C'est encore dans la seule zone alternativement couverte et découverte par les marées qu'ont pu vivre les coquilles perforantes, dont on retrouve les innombrables trous dans certains terrains anciens. Un dépôt de delta présente également une coupe caractéristique et l'indice d'un phénomène littoral localisé à l'embouchure d'un grand fleuve. Plus loin du rivage, viennent, sur environ 250 kilomètres de large, ce qu'on appelle des dépôts littoraux d'eau profonde, sables, vases bleues ou verdâtres et accumulations d'organismes calcaires. Au contraire, dans les grandes profondeurs des océans, qui constituent la zone dite abyssale, les sondages sous-marins, entrepris dans ces dernières années, ont montré qu'il se formait seulement une argile rouge ou grise caractéristique, avec nodules manganésifères (2). »

Le professeur poursuit par d'importantes et savantes considérations relatives aux interprétations à donner aux fossiles, puis il écrit au sujet des régions profondes, ce qui m'intéresse particu-

(1) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 282 et suiv.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 257.

lièrement, en ce que cela semble justifier mon hypothèse des cristallisations dans les grandes profondeurs des océans.

« Quand la profondeur devient plus grande encore, on atteint la zone dite *abyssale*, dont j'ai déjà mentionné les dépôts, qui ne paraissent guère représentés dans nos sédiments géologiques. » Raison de croire que ces dépôts des grandes profondeurs sont bien de formation locale : peut-être amas des dernières impuretés abandonnées lors de la cristallisation ; impuretés ayant résisté aux nombreux lavages subis pendant le transport et enfin rejetées en se cristallisant, par les matières tenues en dissolution ; cette cristallisation s'opérant dans les anfractuosités, les fissures et les pores du fond, naturels bassins de concentration ; il est d'autant plus rationnel de faire semblable hypothèse, que la composition de l'eau de mer est sensiblement la même, partout d'une densité supérieure à l'unité ; or, malgré les évaporations, qui annuellement doivent représenter d'énormes absorptions d'eau par l'atmosphère, dont la conséquence devrait être une augmentation de la densité, et d'autre part, l'apport permanent de matières tenues en dissolution par les affluents, la composition de l'eau de mer reste sensiblement constante ; cela peut-il avoir une autre raison d'être que les cristallisations dans le fond des océans ? (1) Dans le but

(1) Voir DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 334 et suiv., 259, 329 et suiv., 339 et suiv.

d'élucider ce problème il serait important de connaître la composition et la densité de l'eau de la mer, aux différentes profondeurs à partir de la surface.

« Les sels, qui arrivent dès lors à la mer, enrichissent sans cesse sa teneur en éléments chimiques de toutes sortes, puisqu'il descend vers elle, par tous les cours d'eau nécessairement impurs, des matières solubles, tandis que le soleil lui reprend, aspire au-dessus d'elle, de l'eau distillée. Par suite, la mer, que j'ai appelée plus haut l'égout universel, arrive à contenir, en quantités plus ou moins fortes, non seulement les corps principaux que l'analyse y signale d'habitude, mais des traces mêmes de toutes sortes de métaux, jusqu'à du zinc ou à de l'or (1). »

Il n'est donc pas impossible que des gîtes métallifères se constituent ainsi, par l'action des fonctions superficielles seules; mais les grandes concentrations métallifères sont certainement dues à l'action des fonctions profondes, compliquées de dislocations : étant donnée la densité générale du Globe, 5,50; celle des roches de l'écorce superficielle, variant entre 2 et 3; la densité de l'eau étant 1; il est évident que la source des métaux denses, exceptionnellement trouvés près de la surface, doit être dans les grandes profondeurs du sol (2). Cependant l'une formation n'exclut pas l'autre.

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 294.

(2) Voir IDEM, *Ibid.*, pp. 578 et suiv., 605 et suiv., 633 et suiv.

L'intervention des organismes vivants dans la circulation des métaux a également son importance spéciale : s'est-on déjà demandé ce que devenaient les résultats de l'usure des monnaies de métal? Depuis un siècle, l'usure des pièces d'or doit représenter un nombre appréciable de kilogrammes! Qu'est donc devenu ce métal si précieux... dont il ne reste, hélas! guère de traces dans nos poches?

« Les organismes vivants ont, dans la constitution des terrains géologiques, un rôle beaucoup plus actif qu'on ne le croirait tout d'abord. Cette activité entraîne, pendant la vie, la fixation d'un certain nombre de principes, essentiels à son développement, qui s'accumulent, après la mort, dans les dépouilles; puis, même indépendamment de la vie, les cellules organiques conservent la propriété de fixer, de concentrer quelques-uns des mêmes éléments chimiques.

« Dans la vie continentale et aérienne, l'activité organique se traduit surtout par la fixation du carbone, de l'azote, du phosphore, puis de la chaux et des alcalis; mais ce ne sont pas les seuls éléments, que contiennent et, par conséquent, recueillent et assimile un corps vivant. M. A. Gautier a montré le rôle qu'y jouait l'arsenic; on y retrouve également du soufre dans l'albumine, du chlore, du fer. Avec les êtres qui vivent dans les eaux, il faut ajouter la silice.

« Les organismes inférieurs, qui pullulent au fond des mers, fixent : d'abord, le calcaire; ensuite, la silice. Le phosphore apparaît surtout dans les

animaux plus élevés à squelette osseux; le fer dans le sang des vertébrés.

« Indépendamment de la vie, les cellules organisées fixent, en outre, des sulfures métalliques, dont le sulfure de fer est le principal. Ces opérations chimiques s'accompagnent alors volontiers de réductions, sous l'influence des matières carburées.

« Puis ces éléments divers s'accumulent, soit par l'activité même des organismes, soit par une simple précipitation chimique. Ce sont, d'abord, les carbonates de chaux, à l'état de récifs coralliens, craies, etc... D'après un calcul de sir John Murray, il arrive, chaque année, dans la mer, 900 millions de tonnes de calcium; si l'on ajoute la remise en dissolution des coquilles détruites, on a une provision considérable de chaux, que maintient en dissolution, soit l'acide carbonique, soit l'acide sulfurique, provenant peut être lui-même des quantités de pyrites dissoutes par les érosions depuis la consolidation du globe. Carbonate et sulfate sont alors fixés par les organismes, avec intervention possible de l'ammoniaque ou des matières albumineuses. Surtout chez les êtres microscopiques de la classe des protozoaires ou des protophytes, l'aptitude à fixer et accumuler la chaux et la silice est remarquable. La *boue à globigérines*, si abondante à toutes profondeurs entre 500 et 5.300 mètres, la *boue à ptéropodes* sont des vases calcaires; la *boue à radiolaires* profonde, la *boue à diatomées*, de formation plus superficielle, sont siliceuses. Les *récifs coralliens* calcaires forment des îles entières.

« Puis ce sont, sur les côtes marines, les lits de phosphate, où s'agglomèrent des dépouilles vivantes et les couches de sulfures métalliques, que contribuent à précipiter les matières organiques. Sur la terre ferme ou dans les eaux lacustres, ce sont encore les débris végétaux, rassemblés en couches de combustibles, arrivant à former les houilles.

« Tout ce travail mécanique, chimique, organique, par lequel les manifestations diverses de l'énergie tendent vers un insaisissable équilibre, aboutit à un classement singulier des éléments, d'abord dispersés en désordre et prépare ainsi les voies de l'industrie humaine. Comme dans nos ateliers, où se trient et s'élaborent les minerais, la densité, la dureté inégale séparent les éléments insolubles; les substances dissoutes sont reprécipitées par des actions indépendantes et se divisent. Au lieu des silicates complexes, qui formaient la composition moyenne de nos roches, on trouve bientôt la silice libre, l'alumine, le carbonate de chaux, l'oxyde de fer, le phosphate, le sulfate de chaux, les chlorures alcalins, déposés par banes distincts; les corps plus rares s'isolent, eux aussi, par des réactions plus complexes; c'est, dans les fentes profondes de l'écorce, d'un côté l'or, de l'autre le cuivre, le plomb ou l'étain.

« Et ce travail ne s'arrête jamais. Tant que deux éléments à propriétés différentes restent côte à côte, il se présente toujours quelque force nouvelle, qui les isole.

« Dans les filons, les associations de sulfures com-

plexes, qui forment le remplissage primitif, sont reprises par les altérations superficielles, où d'autres réactions arrivent à séparer le fer, le zinc, le plomb, le cuivre, tout d'abord réunis; une cémentation condense, sur des points d'élection, le cuivre ou l'argent, les amène parfois à l'état natif, puis réoxyde l'un et resulfure l'autre (1). »

« *L'altération des terrains sédimentaires* obéit aux mêmes lois que celle des roches cristallines, mais dans des conditions beaucoup plus simples et plus théoriques, parce que les substances en jeu ont déjà subi une première classification, un premier isolement dans les eaux et, en outre, parce que la circulation des eaux souterraines se fait, généralement, avec plus de facilité, sur de grandes épaisseurs, dans les sédiments que dans les roches cristallines.

.

« Les sédiments, lorsqu'ils n'ont pas subi un métamorphisme de profondeur, qui les a ramenés au cas de roches cristallines, présentent généralement déjà, à l'état d'isolement : d'une part, les carbonates de chaux et de magnésie; de l'autre, la silice; ailleurs, l'alumine ou le silicate d'alumine; les alcalis y sont rassemblés sur certains points très particuliers et les autres substances, telles que le phosphore, la baryte, la strontiane ont également été soumis déjà à une première concentration. L'action des eaux superficielles peut alors être beaucoup plus

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 295.

complète et aboutir à des termes plus définitifs par disparition de la chaux et par fixation de la silice. La décalcification et la silicification, accompagnées, dans une zone supérieure, par des oxydations ou rubéfections, sont des phénomènes tout-à-fait généraux, auxquels vont s'ajouter la dissolution des substances plus solubles, telle que le sulfate de chaux ou le chlorure de sodium, qui peuvent exister encore et la concentration de certains autres principes, aboutissant à donner des nodules de phosphate de chaux, des sables phosphatés, des pyrolusites, des bauxites, des calcaires de plus en plus dolomités, etc.

« Il ne faut, d'ailleurs, pas oublier, malgré la remarque faite en commençant, qu'ici même les réactions s'opèrent très lentement et ne sont presque jamais finies. On en a un exemple frappant en voyant subsister à l'air et à la pluie, malgré leur solubilité, des rochers entiers de sel ou de gypse. Il suffit également, pour s'en rendre compte, de voir la mesure, dans laquelle s'est réalisée la décalcification des plateaux calcaires, que nous pouvons supposer soumis à l'altération depuis le pliocène, c'est-à-dire depuis un nombre de siècles, que nous sommes impuissants à évaluer.

« Parmi les phénomènes divers, qui se produisent sur les sédiments, la *silicification* est un des plus fréquents et l'un de ceux, auxquels il est le plus indispensable de penser si l'on veut comprendre certaines apparences anormales. On voit cette silice se redéposer dans toutes les fissures, les interstices,

les pores du terrain; ce sont : ici, des veines de quartz lenticulaire; là, un ciment qui agrège, en une roche dure, des sables ou des galets; ailleurs, la silicification complète d'un banc calcaire, qui peu à peu arrive à se transformer en un silex, en une meulière, en une sorte de jaspé, etc...

« Par suite de cette silicification, qui est déjà un phénomène relativement profond, on peut dire que les terrains tendent peu à peu à se durcir en profondeur, tandis qu'ils se désagrègent à la surface. Quel que soit le point de départ, calcaire, schiste ou grès, si les réactions ont eu le temps de se poursuivre, il reste une argile, un schiste ou un grès solidifiés.

« En même temps, disparaissent tous les fossiles, dont le test est calcaire et qui sont lentement éliminés, comme tous les éléments calcaires du même terrain. Lorsque le terrain est arrivé à devenir entièrement siliceux, il apparaît dépourvu d'organismes et ce n'est pas pour une autre raison que tant de strates primaires altérées sont absolument dénuées de tous fossiles.

« La silicification des terrains peut, dans certains cas, comme on l'a constaté dans le bassin de Paris, être accompagnée par le dépôt de minéraux, tels que la fluorine, que l'on considérait autrefois comme exclusivement filoniens (1). »

Ces transformations des sédiments, successives

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 320 et suiv.

et permanentes depuis leur dépôt jusqu'à leur cristallisation complète, sont les traits d'union ou la corrélation de la sédimentation et de la cristallisation de la matière terrestre dans le cycle de son évolution.

CHAPITRE V

CRISTALLISATION DE LA MATIÈRE TERRESTRE

Ainsi que nous venons de le constater, les fonctions superficielles préparent les matériaux des fonctions internes, qui de leur côté, fournissent des matériaux aux fonctions de la surface. Le grand facteur des transformations du sol est l'eau; non seulement elle participe à l'érosion, au transport, à la sédimentation, mais en pénétrant dans le sol elle dissout des substances; plus bas, ces solutions agissant chimiquement, modifient parfois de façon considérable la composition des terrains qu'elles traversent; l'eau est donc aussi facteur de cristallisation; elle intervient également dans la métamorphisation et le volcanisme.

La cristallisation est la fonction par laquelle les particules ténues d'une substance, ayant été en suspension ou en dissolution dans l'eau, et résultant de la sédimentation, sont formées en ordre géométrique.

En s'agglomérant en strates conformément à leur densité, les sédiments se modifient graduel-

lement; ils se consolident et se durcissent par intervention de silice ou de carbonate de chaux (1); alors s'opère généralement à une certaine distance de la surface du sol, la transformation minéralogique et jusqu'à un certain point, chimique, des sédiments en place.

Cependant il me semble logique d'admettre que dans les zones abyssales peuvent se produire des cristallisations directes ou plutôt des reconstitutions cristallines, ayant pour point de départ les éléments cristallins (2) préalablement reconstitués ou ayant résisté à l'érosion, au transport, à la sédimentation; les dimensions indéfiniment réduites de ces éléments cristallins font peut-être qu'ils ont pu échapper jusqu'à ce jour au microscope, ce qui évidemment ne permet pas de conclure à leur inexistence; leur présence est peut-être aussi indispensable à la reconstitution du cristal, qu'une cellule vivante est indispensable à la formation du tissu d'un être vivant; les éléments cristallins de même substantialité s'assembleraient de par leur densité et leur attraction respectives dans les crevassés du fond, comme placés dans leur eau mère, et y formeraient des filons minéraux, comme je l'ai décrit à la fin du chapitre IV, *la Sédimentation*.

« Dans les terrains sédimentaires, où le mécanisme de l'érosion avait fait disparaître les traces de

(1) Voir DE LAUNAY, *la Science géologique*, pp. 71 et suiv.

(2) IDEM, *Ibid.*, pp. 298 et suiv. et p. 138, note 1.

crystallisation, cette cristallisation tend peu à peu à reparaitre. Par un lent travail moléculaire, par un métamorphisme incessant, les éléments classiques ou organiques se réagrègent en un ordre nouveau; les galets mêmes s'assemblent en un poudingue; les empreintes des organismes sont peu à peu éliminées, comme les marques du broyage et du roulement dans les eaux. Quand le temps a fait son œuvre, les sédiments sont redevenus des roches cristallines, plus homogènes que les premières; la craie a passé à la calcite ou au marbre, le sable siliceux au quartzite, qui bientôt se distingue à peine d'un quartz filonien, l'argile au schiste ou à l'ardoise. Une stabilité provisoire n'est acquise que lorsque les atomes de même nature se sont rassemblés et, sous l'action de leurs attractions internes, ont pris la structure des cristaux, où la compensation de ces forces intimes permet désormais une résistance plus efficace aux agents de destruction extérieurs (1). »

Il semble donc probable que l'érosion, le transport et la sédimentation ne font pas complètement disparaître les traces de cristallisation, sinon la reconstitution du cristal serait-elle possible? Il est vrai qu'il y a également lieu de tenir compte des effets du métamorphisme et du volcanisme qui sont parfois matière amorphe.

Je ne vois que cristallisation dans la transformation immédiate ultérieure des sédiments, le méta-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 297.

morphisme me paraissant être essentiellement la force terrestre interne qui réduit les roches cristallines en magmas et en matière volcanique amorphe et de composition assez uniforme; le point de départ de la cristallisation se rattacherait donc directement à la dernière phase de la sédimentation : l'état cristallin commence au moment où les particules de même substance se groupent de par la force inhérente à leur nature particulière et à l'intervention du milieu ambiant.

Il y a lieu de revenir à l'élément cristallin; sa présence n'est peut-être pas indispensable à la cristallisation, tel que je l'ai exposé précédemment; ne suffit-il pas de constater que la combinaison de deux éléments chimiques qui se cristallise, se fait en modifiant pour chacun d'eux les forces en action et change nécessairement le groupement et la symétrie des éléments cristallins; il en résulte que la forme du cristal d'une combinaison diffère de celles de ses éléments cristallisés à l'état pur.

L'extrait suivant démontre à l'évidence la métamorphisation et la volcanisation de la matière cristallisée : « En même temps qu'il a permis la reconnaissance proprement dite des roches et de leurs éléments, le microscope a mis en évidence plusieurs caractères importants pour l'explication de leur genèse, parmi lesquels je citerai l'ordre de cristallisation des minéraux dans une roche, les phases successives de ce phénomène et les inclusions solides, vitreuses, liquides ou gazeuses, que beaucoup de minéraux renferment : faits éminemment révéla-

teurs des conditions et du milieu où s'est opérée la solidification de cette roche.

« Il semble, qu'on assiste, en quelque sorte à la formation des roches en les examinant au microscope et l'on acquiert ainsi les notions les plus précieuses pour essayer ensuite leur reproduction par synthèse dans les conditions de la nature. Si l'on étudie, par exemple, un granite (fig. 5), on verra que de petits cristaux de magnétite, d'apatite, de rutile, de zircon (non représentés sur la figure) y sont englobés dans des micas, qu'entourent eux-mêmes parfois des feldspaths, le tout étant enveloppé de quartz et que cette succession s'est opérée sans arrêt, sans que les conditions générales aient notablement changé, « en un seul temps de consolidation ». Les conditions de gisement accusent, d'autre part, cette cristallisation tranquille, homogène, faite d'un seul bloc, en profondeur.

« Tout au contraire, si nous prenons la roche que l'on appelle une microgranulite (fig. 6), nous voyons quelques grands cristaux de quartz, de feldspath orthose et de mica biotite éparpillés dans une pâte, formée d'éléments tellement plus petits qu'on ne les distingue pas les uns des autres à l'œil nu et, néanmoins, les mêmes, et présentant les mêmes groupements que dans un granite ou une granulite. Les premiers grands cristaux sont là cassés, rongés, pénétrés par le magma, qui peut se souder à eux et, tout naturellement, l'idée vient qu'ils représentent un « premier temps de consolidation », opéré tranquillement en profondeur avec une stabilité per-

mettant aux cristaux d'acquérir ces grandes dimensions; après quoi, toute la masse encore fluide, entraînant ces premiers cristaux, s'est élevée dans des fissures de l'écorce terrestre, ainsi qu'on le reconnaît, d'autre part, en étudiant les conditions de gisement et le magma refroidi s'est pris en masse dans un « second temps de consolidation ».

« D'autres catégories de roches, auxquelles on réserve aujourd'hui le nom de porphyre, présentent, au lieu de cette pâte granulitique en petit ou microgranulitique, une pâte amorphe, avec de simples commencements de cristallisation, d'orientation moléculaire, sous la forme de globules ou de sphérolithes.

« De même encore, les coulées de roches éruptives, opérées à la surface (fig. 7), sont aussitôt décelées par deux temps de consolidation analogues : l'un, le plus ancien et le plus profond, avec de grands cristaux; l'autre avec une pâte à cristaux plus fins, dits « microlithes », englobant ces premiers et, dans cette pâte, la fluidité de la masse, sa coulée pendant la solidification sont accusées par la disposition régulière de tous ces petits microlithes feldspathiques, qui apparaissent souvent comme des quantités de bâtonnets parallèles, comme les troncs de sapins flottés sur une rivière du Nord.

« Les inclusions sont également révélatrices. Par exemple, en constatant l'abondance des bulles de chlorure de sodium ou d'acide carbonique liquides englobées dans des quartz, des topazes, etc..., on est amené à penser que leur cristallisation s'est

opérée dans des bains aqueux, où ces deux éléments, le chlorure de sodium et l'acide carbonique liquide sous pression, ont dû jouer un rôle essentiel. Divers observateurs ont cherché à évaluer, par des expériences de dilatabilité, la température, à laquelle avait dû se former le quartz à inclusions salines de certaines roches. On a trouvé 307° pour des diorites quartzifères de Bretagne, 356° pour un trachyte. L'altération des feldspaths peut, d'ailleurs, comme l'a montré M. Whitman Cross, développer aussi, dans ces minéraux, par une réaction secondaire, des files alignées d'inclusions liquides.

« Ailleurs, on aura des inclusions de matière amorphe vitreuse, parfois avec indication de « cristallites ». Le microscope a, en effet, permis de reconnaître la fréquence, dans les pâtes de certaines roches ou dans leurs minéraux, tels que la silice et les silicates, de matières vitreuses non cristallisées, mais offrant, à de forts grossissements, des sortes de formes cristallines élémentaires, ou cristallites, où l'on croit voir le passage, très intéressant pour les théories sur la matière, de l'état amorphe à l'état cristallin, particulièrement caractérisé dans les substances siliceuses, qui peuvent être, tantôt cristallisées, tantôt amorphes ou colloïdes (1). »

Aux considérations qui précèdent, exposant avec une lucidité et une science remarquables, la formation et la transformation des roches cristallines

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 169 et suiv.

et des magmas, j'en ajouterai qui sont relatives à la cristallisation des minéraux.

« Les gisements des minéraux peuvent se classer en plusieurs groupes, qui se différencient par leur complexité plus ou moins grande.

« On trouve d'abord des minéraux cristallisés dans les roches éruptives et, sans doute, sous la prédominance des actions ignées. Tantôt ces minéraux font partie intégrante de la roche même, entrent dans toutes les parties de sa constitution et ne peuvent que difficilement en être extraits, quoiqu'à la simple vue ils apparaissent distincts les uns des autres; tantôt même, ils arrivent à constituer les éléments microscopiques d'une pâte, qui, à l'œil nu, semble tout à fait compacte; tantôt, au contraire, ils s'isolent, en certains points particuliers de la roche, en cristaux de grande dimension; mais ce ne sont là que des différences de degré, tenant au mode de cristallisation, à l'influence variable des minéralisateurs, des dissolvants, du milieu encaissant, de la température ou de la pression.

« Les filons métallifères, et, plus généralement, les remplissages de fissures, fractures ou vides quelconques dans les roches ou les terrains constituent une seconde catégorie de gisements, attribuable d'ordinaire à des circulations hydrothermales plus ou moins anciennes, plus ou moins profondes, où, souvent, les minéraux, cristallisés dans des géodes, prennent des dimensions et une netteté particulières.

« Enfin les sédiments renferment, en dehors des matériaux remaniés qui les constituent et dont les éléments ont été d'abord empruntés aux roches éruptives, des minéraux résultant de cette tendance constante à la cristallisation, qui produit les diverses formes du métamorphisme. Le contact d'une roche ignée avec un terrain sédimentaire, la reprise d'une enclave sédimentaire dans une telle roche ont été particulièrement propices à la cristallisation de très-nombreux minéraux.

« Ce métamorphisme, qui, sous de telles réactions ignées, a pris parfois une intensité particulière, se traduit, d'une façon générale, par l'évolution constante de toute substance minérale jusqu'à ce qu'elle ait fini par atteindre, à un état chimique déterminé, sous une forme cristalline déterminée, son maximum de stabilité. Il y a là une série de « pseudomorphoses », que l'on a pu comparer à un phénomène vital et qui jouent un rôle important dans la formation des minéraux cristallisés (1). »

Les roches accusent donc des traces incontestables de transformations successives, subies après un état que l'on doit logiquement supposer avoir été un état uniforme de cristallisation. A celui-ci a succédé, comme conséquence du métamorphisme, un magma pâteux ou semi-liquide, dont la solidification, amenée par une modification de ses conditions, a produit des textures granitoïdes et porphyroïdes; les inclusions sont preuves moins

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 133.

incontestables encore des transformations et des mélanges subis par des roches entièrement cristallines et réduites en magmas par métamorphisme ; il est évident que la présence de matières étrangères, enclavées dans des cristaux bien définis, ne peut être due qu'à des brassages opérés sur des formations préexistantes.

CHAPITRE VI

MÉTAMORPHISME DE LA MATIÈRE TERRESTRE

« La notion de *métamorphisme*, c'est-à-dire de transformation ultérieure des terrains ou roches après leur constitution primitive, n'a été précisée que plus tard par Lyell. On discute encore aujourd'hui, comme nous le verrons (p. 307), sur la part relative attribuable au métamorphisme chimique et au métamorphisme dynamique. Le métamorphisme simplement igné, tel que le concevait Hutton, ne joue plus qu'un rôle très restreint dans nos théories (1). »

Il est de fait que la fonction du métamorphisme dans l'évolution de la matière terrestre est encore peu connue, par conséquent discutée; sa sphère d'action et ses résultats font songer à des pressions, à des températures, à des interventions électriques et magnétiques d'une puissance à déconcerter quelque peu ce que nous connaissons actuellement en fait de physique, de chimie, de mécanique. Celles des fonctions qui agissent sur-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 71, note 2.

tout à la surface : érosion, transport, sédimentation, étant plus aisément observables sont évidemment mieux déterminées que celles qui, comme le métamorphisme et le volcanisme, ont surtout pour zones d'action, les grandes profondeurs du sol, c'est-à-dire celles aux confins des régions inconnues, où s'arrête actuellement le domaine de la géologie; le rayon terrestre est d'environ 6,400 kilomètres; au delà d'environ 2 à 3 kilomètres de la surface, commencent les zones totalement inconnues; en deçà de cette distance, telles parties de la croûte sont directement accessibles à nos investigations, telles autres ne peuvent être appréciées que par inférence, et en observant les affleurements actuels de formations originaires des profondeurs (1).

Comme l'une quelconque des fonctions de l'évolution consiste essentiellement à transformer les résultats de celle qui la précède immédiatement, il me semble logique d'attribuer exclusivement au métamorphisme, les transformations de la matière terrestre nettement distinctes de celles des autres fonctions, et particulièrement de la cristallisation, dont le métamorphisme est la suite naturelle; cependant, comme il arrive que les fonctions se pénètrent en combinant leur action, les lignes de démarcation de chacune d'elles, ne sont pas toujours déterminables; il est incontestable que maint phénomène de métamorphisme est accompagné de

(1) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 714.

crystallisations diversement renouvelées jusque dans la formation du terrain archéen. « De plus, comme nous l'avons dit, le métamorphisme a plus d'une fois fait naître, parmi les roches certainement sédimentaires, des variétés cristallines qu'il sera impossible de distinguer des éléments du terrain archéen. » — « Ainsi s'expliquerait le fait, que dans l'archéen le plus inférieur, se rencontrent tous les types de roches éruptives, depuis les plus acides jusqu'aux plus basiques, ne différant des roches d'injection que par leur tendance à la structure rubanée (1). »

Les roches en voie de transformation par métamorphisme, prises en quelque sorte sur le fait, sont loin de faire défaut. Le terrain archéen tel qu'il est actuellement observé, n'a donc pas été primitivement formé; mais il se forme encore et continuera à se former par la métamorphisation des terrains qui lui sont juxtaposés; de là résultent les lambeaux de ces terrains, en voie de transformation non encore complète ou inachevée, qu'on y retrouve même dans ses profondeurs. Le terrain archéen dérive donc de sédiments successivement cristallisés et métamorphisés, et toutes les formations géologiques sont contemporaines, alors que l'on croyait la formation de certaines d'entre elles, comme les soi-disant primaires et les modernes, séparées par des durées d'une longueur incommensurable!

Le métamorphisme désigne donc l'ensemble des

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 728.

forces terrestres dont l'action donne constamment lieu à certaines transformations de sédiments et de roches cristallines; le vague de cette définition résulte de ce que le métamorphisme n'est pour ainsi dire encore apprécié que dans ses résultats visibles à la surface du sol; sa théorie est encore à faire; les lois de son activité restent à déterminer.

Voyons quelques preuves de formation de couches archéennes résultant de la transformation graduelle de sédiments et de roches.

« *Le terrain archéen dans les régions boréales.*

« *Ecosse.* ... Aussi sir A. Geikie ne doute-t-il pas que ce terrain ne dérive de la transformation éprouvée par un massif de roches éruptives, sous l'influence de violents efforts de compression.

« Postérieurement à l'acquisition du feuilleté de la roche, il s'y serait fait des injections de diabase, de granite, de péridotite; puis de nouveaux efforts auraient fait naître une schistosité assez marquée pour effacer les structures primitives... »

« *Angleterre.* L'archéen du Shropshire ou *malvernien* serait formé de granites et de diorites, ultérieurement changés en gneiss à mica ou à amphibole... »

« *Scandinavie* »...

« En Norvège, l'archéen débute par le gneiss gris franc, glandulé et œillé à la base, au contact des massifs granitiques. La pénétration des deux roches est intime, et souvent on a de la peine à les distinguer l'une de l'autre. »

« Il est possible qu'une bonne partie des schistes cristallins de la Norvège doive être détachée de l'archéen. En effet, au sud de Bergen, dans un ensemble de quartzites, de schistes verts, de schistes amphiboliques et de gneiss, M. Reusch a montré qu'il y avait des lits de phyllades micacés, avec couches et nodules de calcaire, qui contenaient des fossiles du silurien supérieur. »

.....
« *Le terrain archéen dans la région française.*

« *Plateau central...*

« Près de Tulle, les leptynites, avec leurs schistes amphyboliques et chloriteux, passent à des roches compactes ou grenues, en bancs ou plaquettes, où M. Mouret reconnaît des schistes micacés et des arkoses d'origine détritique. Il serait donc possible que tout l'archéen de cette région fût le produit du métamorphisme. Cette conception pourrait d'ailleurs s'étendre au Massif Central tout entier... »

« *Cipolins du Plateau Central; Morvan.* — En divers points du Plateau Central, le gneiss schisteux, passant au micaschiste, contient des gisements de calcaire sacharoïde micacé ou cipolin...

... « Le passage du marbre au gneiss schisteux, par la prédominance des veinules micacées, est *insensible*, et on ne saurait se refuser à voir dans le calcaire une roche contemporaine du gneiss encaissant... »

« *Montagne Noire; Cévennes; Lyonnais.* — Le massif de la Montagne Noire, qui prolonge au sud le Plateau Central, a été longtemps considéré

comme une voûte d'archéen, flanquée par des sédiments paléozoïques. Mais depuis que le cambrien inférieur a été découvert dans ces régions, M. Bergeron a pu s'assurer que souvent les calcaires du cambrien plongeaient sous les schistes, lesquels devenaient progressivement sériciteux, puis mica-cés, et enfin se transformaient en gneiss. Le calcaire lui-même se change en *cornes vertes* à pyroxène, épidote ou amphibole. De plus, en certains points, les traînées d'amphibolites du massif gneissique central prolongent exactement les bandes calcaires du pourtour, comme si elles résul-taient de leur transformation. Aussi, M. Bergeron regarde-t il l'archéen de la Montagne Noire comme le produit du métamorphisme d'une région cam-brienne, et il pense que la même conclusion doit être étendue à la série des Cévennes, identique avec celle de l'Espinouse et du Caroux. »

.....
« *Massif armoricain.* — ...

.....
« Néanmoins il est douteux qu'il s'agisse là de l'archéen typique. Pour M. Barrois, le gneiss de Brest est un phyllade précambrien, modifié par le granite, et cette conclusion s'étendrait à la plupart des roches dites archéennes de la Bretagne, où les massifs schisteux viennent se perdre peu à peu dans les gneiss et micaschistes, comme s'ils étaient plus ou moins complètement *digérés* par le métamorphisme granitique. D'ailleurs la pres-qu'île du Cotentin offre plus d'un exemple d'injec-

tions granitiques, qui transforment en roches gneissiques des schistes d'âge silurien et même dévonien. »...

.

« *Alsace, Vosges, Forêt Noire.* — ...

« ... Ces caractères semblent indiquer que l'archéen des Vosges est d'origine métamorphique. Il en serait de même des gneiss de la Forêt Noire, dont quelques-uns renferment des couches charbonneuses (1). »

... etc., etc.

Je ne pense pas que le métamorphisme comprend toutes les transformations des terrains ou roches, après leur constitution primitive de matière de dépôt (2), mais bien, en règle générale qu'il n'est que la transformation ultérieure des terrains cristallisés; cette constitution soi-disant *primitive*, n'était, c'est évident, que le résultat d'une transformation précédente, puisque rien n'est *primitif* des dépôts constituant la croûte terrestre. Les différences qui existent actuellement entre les sédiments plus ou moins récents et les terrains cristallins plus ou moins anciens, ne peuvent résulter que de l'action des forces terrestres — cristallisation, métamorphisme et volcanisme — c'est-à-dire de l'ensemble des modifications subies par les sédiments postérieurement à leur dépôt.

Citons encore quelques exemples de métamor-

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 734 et suiv.

(2) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 71, note.

phisme : « La roche éruptive des environs de Barr et d'Andlau est une *granitite* porphyroïde à deux feldspaths. Son action se résume dans la formation de trois auréoles successives, qui sont, à partir du granite : 1° la zone des *cornéennes* (*hornfels*); 2° la zone des *schistes micacés noduleux* (*Knotenglimmerschiefer*); 3° la zone des *phyllades noduleux* (*Knotenthonschiefer*). L'épaisseur des trois zones réunies varie de 80 à 1,200 mètres. Elle est en moyenne de 500 à 600 mètres, dont la moitié à peu près pour la zone des cornéennes, quand elle existe.

« Le premier signe du métamorphisme des phyllades consiste dans l'apparition, au sein de la roche, de corpuscules noduleux noirâtres, formés par une simple concentration de la matière colorante du schiste; car la texture et la composition de ce dernier sont identiques avec celles des nodules. Exceptionnellement, il se développe dans cette zone des cristaux de *maclé* ou *chiastolite*.

« Bientôt la masse des nodules augmente : la pâte du schiste devient plus brillante, plus cristalline et laisse apercevoir du mica et du quartz. Les silicates hydratés disparaissent; à leur place se montre la *biotite*, la *staurotide*, la *chiastolite*, le *dipyre* quelquefois la *tourmaline*. Puis les nodules eux-mêmes sont comme résorbés et tout le schiste passe à l'état de schiste micacé; enfin, plus près encore du granite, la schistosité disparaît et la roche est devenue entièrement cristalline.

« C'est alors que, fréquemment, mais pas tou-

jours, se montre la zone des cornéennes. La matière colorante charbonneuse a entièrement disparu; la roche, d'un gris bleu, est très compacte; mais le microscope y dévoile le *quartz*, le *mica magnésien*, la *magnétite* et l'*andalousite*; cette dernière apparaît en grains ou en petits prismes sur les surfaces altérées. Le type de ces cornéennes en Alsace existe dans le val de Münster. On y trouve de 55 à 56 p. 100 de silice.

« Selon M. Rosenbùsch, les trois auréoles ne dérivent pas par transformation les unes des autres, mais le métamorphisme les fait naître telles quelles suivant la distance au granite. Le même auteur signale, comme un fait caractéristique, l'absence complète du feldspath dans la zone de contact, et y voit la preuve qu'il n'y a pas eu mélange des éléments du schiste avec ceux du granite. Mais cette conclusion est en désaccord avec des observations plus récentes, notamment celles de MM. Michel Lévy, Lehmann et Barrois sur divers massifs granitiques.

« Le granite transforme les calcaires en *cornéennes calcaires*, renfermant calcite, sphène, magnétite, pyrite, malacolite, quartz, actinote et zoïsite, avec microline, oligoclase, biotite et tourmaline bleue. Tel est le cas des calcaires siluriens de Saint-Jacut (Morbihan), de ceux du Bois David, Le Mortier, etc., enfin des calcaires métamorphisés par le granite pyrénéen. Ces derniers sont devenus de vrais *marbres à minéraux* (grenat, épidote, zoïsite, pyroxènes, wollastonite, amphi-

bole, quartz, feldspath). Les lits argilocalcaires ont été changés en épidotites, grenatites, et surtout en cornéennes feldspathiques, où l'on peut constater l'association de l'orthose avec l'anorthite.

« Au pic d'Arbizon (Hautes-Pyrénées), les calcaires métamorphisés par le granite offrent, comme l'a fait voir M. Lacroix, des lits, amas ou filons parfois très épais, formés d'axinite violette (limurite), souvent accompagnée de pyroxène, sphène, épidote, pyrrhotine, quartz, albite, idocrase et grenat. Le bore et le manganèse de l'axinite sont évidemment le résultat d'un apport extérieur qui doit être imputé à la roche éruptive.

« Un cas intéressant de métamorphisme est celui qui résulte de l'action de la granulite de Bretagne sur le grès armoricain. Les diverses phases de cette action, signalée depuis longtemps par Durocher, ont été précisées par M. Barrois pour les alentours du massif de Guéméné en Morbihan.

« Le grès non modifié est clastique, fossilifère, composé de grains brisés de quartz, que cimentent du mica blanc ou des matières argiloferrugineuses amorphes. En approchant de la granulite, on voit les grains brisés de quartz se transformer en granules arrondis et hexagonaux; il se développe en même temps, dans la roche, un réseau de *mica noir*. Plus près encore de la masse éruptive, la *sillimanite* et la *cordiérite* s'ajoutent aux éléments précédents. Enfin, au contact, il y a injection, dans le grès métamorphique, des éléments mêmes de la

granulite (feldspaths, quartz, micas) en filonnets discontinus, finissant par se réduire à une épaisseur d'un dixième de millimètre. Cette injection ne s'observe pas à plus d'une dizaine de mètres en moyenne de la granulite, tandis que la zone des quartzites micacés atteint souvent 400 mètres de largeur. La recristallisation du quartz, dans ces derniers, paraît d'ailleurs avoir été immédiatement contemporaine de l'injection granulitique.

« La granulite a également modifié les poudingues du sommet du cambrien; la pâte de ces poudingues est devenue micacée et le quartz y a cristallisé. Le produit de ce métamorphisme est analogue à ces poudingues avec pâte gneissique, que M. Saüer a signalés en Saxe et qui probablement ont la même origine. Quand le métamorphisme est complet, les contours des galets finissent par disparaître.

« Enfin, dans les phyllades précambriennes, la granulite a pénétré très loin, en innombrables veinules où abondent le mica blanc et souvent la tourmaline, tandis que les phyllades eux-mêmes sont devenus très riches en lamelles de biotite. Il semble donc que la granulite ait agi surtout par injection de sa propre substance, quand le granite développait plutôt un métamorphisme de recristallisation par influence.

« M. Barrois rapporte à l'action métamorphique de la *granulite* de Locronan sur des sédiments précambriens la production des *schistes micacés à staurotide* de Coadrix, Coray et Scaër, dans le

Finistère. Le mica noir a été le premier minéral développé par le métamorphisme. La staurotide le contient en inclusions; en outre elle est remplie de gouttelettes de quartz de corrosion. Les macles en croix (*croisette*) sont rares relativement aux cristaux simples.

« En traversant les gneiss et les micaschistes du plateau méridional de la Bretagne, la *granulite* les a transformés partiellement en *gneiss granulitiques* ou *gneissites* (1). »

« Des faits de dynamométamorphisme ont été signalés dans des régions très diverses. D'après M. A. Renard, les roches grenatifères et amphiboliques de la région de Bastogne, qui appartiennent au dévonien inférieur, sont des sédiments d'origine clastique, dont le métamorphisme devrait être attribué aux actions mécaniques par lesquelles ces roches ont été disloquées. De même, en Ecosse, aux environs d'Ullapole, on peut suivre d'une manière continue la transformation que subissent des couches de grès, à mesure qu'elles perdent la régularité de leur stratification; les grès deviennent d'abord des phyllades quartzeux; puis, leur allure étant plus tourmentée, ils passent à l'état de micaschistes et se chargent de silicates, parmi lesquels abonde le grenat pyrote.

« M. Reusch a également reconnu, à Osoren en Norvège, des empreintes de trilobites dans des micaschistes à muscovite, qui dérivent de schistes

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 1737 et suiv.

argileux redressés verticalement. Dans tous les cas, on ne voit pas de roches éruptives auxquelles le métamorphisme puisse être imputé, tandis que la chaleur développée par la compression résultant des dislocations paraît suffire à expliquer les modifications observées. L'une de ces modifications est la présence, soit dans les schistes, soit dans les calcaires, devenus saccharoïdes, du *graphite*, résultat de la transformation des matières carbonneuses qui, dans l'origine, formaient le pigment de la roche.

« M. Gosselet attribue au métamorphisme mécanique l'état particulier d'un paquet d'arkose dévonienne, pincé entre deux failles au Franc Bois de Willerzies, dans les Ardennes, et où l'arkose a pris une composition qui la rapproche des porphyroïdes. Il en serait de même du développement d'amphibole, de grenat et d'ottrélite qui s'est produit au voisinage de la faille de Remagne. Mais, selon M. Barrois, ces divers faits pourraient s'expliquer par l'influence d'émanations granitiques, ce qui rend assez probable la découverte du granite de Lammersdorf.

« Le développement de la chlorite dans les roches froissées est un des effets les plus ordinaires du métamorphisme mécanique. C'est ainsi que les porphyrites de Jersey, dans les points où elles ont été disloquées, ont pris l'aspect de chloritoschistes à grain fin, d'éclat soyeux, de teinte vert clair, dont rien ne révèle à l'œil nu la véritable nature.

« Le dynamométamorphisme s'est fait sentir avec

beaucoup d'intensité sur la région des Highlands d'Ecosse. Dans les bancs de poudingues, on voit les cailloux s'allonger suivant la direction du mouvement, les quartzites se transformer en schistes sériciteux, avec veines feldspathiques, les brèches de friction prendre par la pression une structure stratiforme, et cela sur plusieurs milliers de kilomètres carrés. De même, sur la côte d'Ecosse, on constate que, par suite des mouvements antésiluriens, les roches granitoïdes se sont transformées par laminage en gneiss et en schistes cristallins.

« M. Middlemiss a recueilli dans l'Himalaya de nombreux exemples de dynamométamorphisme, en rapport intime avec le plissement de la contrée. Il y a écrasement et torsion des cristaux, étirement des vacuoles dans les coulées amygdaloïdes, etc.

« L'influence de la compression comme agent de métamorphisme est reconnue par MM. Lossen et J. Lehmann. Ce dernier s'est assuré, par des observations microscopiques, que le plissement des granulites y avait fait naître de la biotite en traînées alignées, et que ce dernier minéral résultait souvent de la transformation du grenat par pression. De même, les cristaux de feldspath se montrent fendillés; les fragments se sont déplacés et de nouveaux minéraux, notamment de petits cristaux de quartz, se sont développés dans les vides produits. Le quartz a été brisé et ses fragments ont été resoudés par une nouvelle cristallisation. La plasticité que manifestent les roches, lorsqu'elles sont recouvertes par une grande épaisseur de terrains,

résulterait de l'écrasement des minéraux élémentaires et de l'agglutination postérieure des fragments par une sorte de ciment, produit des cristallisations nouvelles qui s'opéreraient dans les vides.

« Le dynamométamorphisme s'accuse avec une grande netteté, selon MM. A. Renard et de Lavalée-Poussin, dans la porphyrite quartzifère de Bierges en Belgique. Le laminage y a fait naître des parties schistoïdes, présentant l'aspect d'une ardoise verdâtre et formées essentiellement d'un minéral chloriteux. Le feldspath a disparu, remplacé par de très-petites lamelles de mica, mais le quartz est demeuré intact. Ces portions schistoïdes constituent des feuilletés généralement très minces, essentiellement irréguliers, qui souvent s'arrêtent d'une façon brusque. Toujours ces feuilletés sont appliqués contre des joints de division, et particulièrement contre ceux qui semblent coïncider avec des directions privilégiées de frottement et de glissement.

« Dans les parties non schistoïdes, il n'est pas rare de voir les cristaux de feldspath brisés en plusieurs fragments, qui, après la rupture, ont subi des déplacements relatifs de quelques centièmes de millimètre. Tous les interstices entre ces pièces isolées sont remplis de chlorite, en lamelles disposées normalement aux surfaces de cassure.

« C'est encore au dynamométamorphisme que les géologues attribuent l'état si particulièrement cristallin des *schistes des Grisons (Bündner Schiefer)*, dont une partie au moins est certainement d'âge

liasique. Ces sédiments sont transformés en phyllades calcarifères à mica ou à zoïsite, clintonite et feldspath, ou encore en zoïsite et grenat. D'autres fois ce sont des micaschistes avec quartz, trémolite, staurotide, disthène, épidote, zoïsite, etc... Or beaucoup de ces phyllades contiennent encore des fossiles reconnaissables, tels que des bélemnites. C'est le cas au col Nufenen.

« Le début du métamorphisme se traduit par le développement de microlithes de rutilé dans la pâte du sédiment normal. Ensuite apparaissent des squelletes de cristaux, qui grandissent et se multiplient, tout en laissant apercevoir des parties non modifiées. Enfin tout se transforme en un mélange finement grenu de minéraux cristallisés. Le métamorphisme est surtout intense entre le Simplon et le Luckmanier. Il atteint son maximum aux points où les plis sont le plus serrés.

« Il y a eu évidemment redissolution et recristallisation des éléments, et M. Schmidt ne repousse nullement l'idée que la circulation des dissolvants ait ajouté ses effets à ceux de la pression et de la chaleur.

« *Rôle des émanations internes.* — Cette dernière conclusion mérite d'autant mieux d'être retenue que, d'après les observations les plus récentes, la part de l'action purement mécanique devait être singulièrement restreinte dans les cas allégués de dynamométamorphisme.

« En particulier, pour ce qui concerne les schistes lustrés, nous avons vu qu'on les considérait actuel-

lement comme une *série compréhensive*, déposée pendant de longues périodes, dans des conditions remarquablement uniformes, au sein du grand synclinal alpin, en voie d'approfondissement continu. Il est impossible qu'une telle masse, constamment rapprochée de la zone où peuvent agir les influences internes, n'ait pas été exposée à l'action de dissolutions et de vapeurs chaudes émanées d'un foyer éruptif sous-jacent. Par là se serait produit l'enrichissement en alcalis de sédiments qui, dans l'origine, n'en devaient contenir que des traces.

« La même chose a pu se passer dans bon nombre des cas que nous venons d'énumérer. On a remarqué, que dans les plis alpins, les roches des synclinaux étaient toujours sensiblement plus métamorphiques que celles des anticlinaux. Or les effets mécaniques subis ont été de même intensité. Seulement les synclinaux, c'est-à-dire les parties profondes, devaient être beaucoup plus exposées à la circulation des vapeurs actives. Aussi nous sentons-nous porté à accepter la formule de M. Termier, pour qui les actions purement mécaniques *déforment* mais ne *transforment* pas (1). »

Jé me rallie à l'opinion de M. Termier. Le métamorphisme comprend l'intervention de plusieurs forces terrestres, particulièrement celles qui exercent leur action dans les profondeurs du sol; la prédominance de l'une d'elles dans quelques cas particuliers, comme sont les phénomènes ci-dessus

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, pp. 1943 et suiv.

décrits, peut avoir fait perdre de vue l'intervention d'autres forces; le dynamométamorphisme ne serait donc qu'un effet particulier de métamorphisme à prédominance de force mécanique; dans ces conditions, il n'y aurait pas lieu de faire une distinction entre eux.

Ce qui prouve combien il est encore actuellement difficile de déterminer strictement les facteurs des formations d'origine interne est que dans nombre de cas il est impossible d'établir une délimitation tranchée entre leurs produits, vu que ce qui caractérise une formation se retrouve, mais à un moindre degré dans les autres, c'est-à-dire que les distinctions qu'il est possible de faire entre elles ne sont fondées que sur des prédominances; il n'y a pas de différence absolue entre elles : preuve qu'elles proviennent les unes des autres par une évolution graduelle; ce sont en quelque sorte les enfants d'une mère à différents degrés de croissance, types à structures relativement distinctes, mais incontestablement consanguins. Il est donc non moins difficile de faire la part d'intervention qui revient à l'une ou à l'autre des trois fonctions internes, puisqu'il se produit de nombreuses combinaisons d'actions fonctionnelles avec prédominance de l'une d'elles; ces combinaisons donnent lieu à des produits reliés entre eux par des termes de passage souvent délicats à distinguer les uns des autres. Le professeur de Launay enseigne deux métamorphismes; le premier remplace un premier équilibre cristallin, par un autre plus stable; y a-t-il là autre

chose que phénomènes de cristallisation? Le second, métamorphisme profond, a un effet plutôt chimique. N'est-il pas plus rationnel de réserver ce terme à la fonction qui transforme les terrains cristallins en magmas et en laves? Les cristaux me paraissent donc exclusivement résulter de la fonction cristallisante, tandis que leur transformation ultérieure, en magmas et en laves, est due au métamorphisme, dont les effets dénotent l'intervention de forces terrestres bien autrement puissantes et d'ailleurs distinctes de celles d'où résulte la cristallisation des sédiments.

« Enfin, pour ce qui concerne la *mode d'action*, l'intensité du métamorphisme croît très rapidement et change d'allure, à mesure que l'on se rapproche de son point de départ et surtout à mesure que l'on atteint des zones plus profondes : cette notion de profondeur étant, ici comme partout en géologie, indispensable à considérer... Tous les sédiments primaires disparus se montrent sous l'apparence de gneiss, micaschistes, amphibolites, etc., confondus avec les mêmes terrains d'âge archéen, qui peuvent coexister auprès d'eux. Une région moins profondément entamée que la Bretagne, présente les réactions métamorphiques sous une forme plus instructive, parce que le phénomène plus restreint a ici une limite, au-delà de laquelle on retrouve les mêmes sédiments restés fossilifères, ce qui permet d'établir le passage. » (J'appelle particulièrement l'attention sur le passage ci-dessus, parce que la croyance à l'âge et surtout à la *persistance* ou *stabi-*

lité des formations géologiques, encore généralement admise, est en quelque sorte prise en flagrant délit d'erreur ; c'est d'ailleurs ce que le savant professeur constate lui-même, en poursuivant comme suit, p. 305) : « Il est utile d'insister sur ces notions ; car, très-vivement discutées pendant longtemps, elles constituent encore, pour beaucoup de géologues, une nouveauté un peu inquiétante, après avoir été hier une hérésie. On a de plus quelque tendance, lorsqu'on aborde la géologie, à vouloir préjuger l'âge d'un terrain d'après son aspect ; or l'aspect ne représente que le degré de métamorphisme et celui-ci peut, à son tour, être égal pour certains terrains tertiaires des régions alpines ou pour du précambrien au Canada. L'idée de gneiss et mica-schistes, produits par métamorphisme des terrains les plus divers, s'est d'abord heurtée à cette opinion préconçue qu'il fallait voir uniformément, dans un tel facies, le type des premières croûtes de consolidation du globe. Il est certain, en effet, que dans tous les pays de la Terre, en remontant assez loin dans l'échelle géologique, on finit toujours par trouver, à la base, des terrains cristallophyl-liens (c'est-à-dire à la fois cristallins et feuilletés). »

Note au bas de la page : « — Comme on désigne sous le nom de gneiss tous les facies analogues de terrains divers, il en résulte nécessairement que tous les gneiss sont uniformes et, comme le métamorphisme a produit, en principe, à partir du granite qui occupe d'ordinaire des anticlinaux, d'abord des gneiss, puis des mica-schistes, la coupe est générale-

ment la même : ce qui a permis d'imaginer un âge archéen, où la Terre aurait présenté une uniformité de conditions physiques et chimiques, disparues ensuite peu à peu. » — « Cela revient à dire qu'il n'est pas de région dans le globe, qui, plus ou moins anciennement, n'ait été soumise à des mouvements, par suite desquels les sédiments antérieurs ont été plissés, ramenés en profondeur et métamorphisés ; puis l'érosion a enlevé, en général, la partie demeurée intacte de ces sédiments, à la fois parce qu'elle était moins profonde et parce qu'elle était moins résistante : en sorte qu'on trouve un gneiss à la base de toutes les séries géologiques et, le plus souvent, pas d'autres facies fossilifères pour le même étage. La presque universalité, que paraissent avoir affecté les premiers plissements, comme nous le dirons ailleurs, fait que les terrains antérieurs au précambrien, se rencontrent, jusqu'ici, partout à cet état de gneiss ou de terrains analogues. Mais cela ne veut nullement dire, à mon avis, que ces terrains primitifs se sont déposés à l'état de gneiss, et il reste toujours possible de découvrir, dans les môles les plus anciennement consolidés, dont nous parlerons plus tard — par exemple, dans la couronne boréale ou dans l'Afrique Centrale, dans le Brésil, etc..., — des témoins épargnés, encore fossilifères, d'un âge antérieur au précambrien. Et, surtout, cela n'implique en aucune façon que tous les terrains cristallophyl-liens, ni même la plupart d'entre eux, appartiennent à cet âge primitif ; il peut exister, dans la

même région, autant d'âges de gneiss, qu'il s'est produit de fois des plissements et des intrusions granitiques. On conçoit maintenant la possibilité de gneiss pléistocènes; car il s'en forme, sans doute, aujourd'hui, dans la profondeur des zones volcaniques. »

Note au bas de la page : « On a, par exemple, montré, en Écosse, que le gneiss calédonien représentait un mélange de gneiss plus ancien, de terrains sédimentaires et de roches éruptives plus récentes, le tout modifié par les mouvements orogéniques (*in* SUESS, III, 513). Dans le Plateau Central, M. Michel Lévy a établi la loi d'une façon très précise. En Bretagne, la transformation du carbonifère en gneiss a été bien démontrée par M. Barrois. Dans les Alpes, il existe certainement des gneiss de plusieurs âges. Ailleurs, le problème est encore discuté; notamment, dans toute la zone méditerranéenne, en Grèce, dans l'Archipel, le Taurus, en Algérie, puis aux îles Andaman et Nicobar, enfin dans les Cordillères côtières de l'Amérique du Sud (*in* SUESS, I, 719). »

« En résumé, le type gneiss et micaschistes est un simple facies de métamorphisme, qui, par lui-même, n'implique aucun âge déterminé, mais indique simplement une certaine profondeur originelle dans une zone influencée par les magmas granitiques. Ce type peut, dans la même région, représenter des terrains de tous âges. Néanmoins, comme il suppose une érosion très-accentuée depuis l'époque de son dépôt, les vraisemblances sont toujours *a priori*

pour qu'un étage renferme d'autant moins de ces facies profondément métamorphiques, qu'il est plus récent (1). »

Le métamorphisme est donc bien cette force interne et profonde du Globe, dont l'action s'exerce à certaines distances; dans ce cas, elle accélère et modifie en quelque sorte la cristallisation; dans les grandes profondeurs où ne parviennent généralement que les roches à cristallisation la plus avancée ou la plus stable, le métamorphisme transforme ces roches au point d'en modifier la composition chimique et de faire disparaître presque toute trace de cristallisation antérieure, comme c'est le cas des laves. Je ne vois donc pas de *catégories* de métamorphisme (2), mais bien une seule fonction de l'évolution du Globe, différemment modifiée en proportion des diverses réactions qu'elle rencontre dans les régions distinctes de son activité.

« Nous aurons à revenir sur les catégories de métamorphisme en relation avec les roches éruptives au chapitre de la pétrographie (chap. VIII, p. 560) et j'essayerai alors d'expliquer, comment le déplacement profond des magmas ignés, destinés à former des roches éruptives, a dû être accompagné par des circulations connexes d'eau sous pression et de fumerolles diverses, chlorurées, sulfurées, carburées, auxquelles les minéralisations observées dans les zones d'éruptivité ancienne sont attribua-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 304 et suiv.

(2) Voir IDEM, *Ibid.*, pp. 302 et 560.

bles, infiniment plus qu'aux simples effets calorifiques, d'une extension toujours très-limitée et aux effets dynamiques, traduits surtout par des laminages et des étirements. Quand on peut observer le contact d'une série éruptive avec des sédiments divers et, surtout, quand on peut comparer les effets métamorphiques réalisés sur les mêmes sédiments par des roches à structure diverse et formées à des profondeurs inégales, sous des pressions croissantes, les phénomènes semblent obéir à des lois très nettes. L'intensité du métamorphisme, — qui dépend, d'ailleurs, essentiellement, comme nous allons le voir, de la nature des terrains influencés —, va en diminuant à mesure que le phénomène est attribuable à des types de roches de plus en plus superficielles, ou, en moyenne, de moins en moins chargées de principes volatiles sous pression, etc. (1). »

Il existe incontestablement dans les régions profondes, des terrains *nouvellement métamorphisés*; des laves récentes résultant de la fusion de magmas, et aussi des magmas nouveaux dus au refroidissement d'un mélange ou brassage de roches diverses incomplètement fondues et amalgamées; la structure de ces formations étant nouvelle, géologiquement parlant, que devient la notion d'âge proportionnée au gisement et à la structure d'un terrain? Les terrains archéens ont un aspect généralement cristallin, et la cristallisation fait

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 302.

déjà disparaître toute trace d'organisme (1) : où se trouvent donc les preuves de l'origine primitive de ces terrains?

« ... nous confondons, sous ce même nom d'archéen, en raison de leur aspect physique, des terrains d'âge très différent. Il doit y avoir des gneiss et des micaschistes appartenant aux époques les plus diverses et devenus tous également azoïques par leur cristallisation, qui y a produit, en même temps, des assemblages de minéraux analogues. Mais, plus le terrain est ancien, plus il a eu d'occasions d'être métamorphisé : ce qui justifie l'opinion courante que ces terrains métamorphisés appartiennent, généralement, aux premières formations du Globe et ce qui concorde avec ce fait que les coupes stratigraphiques les montrent habituellement à la base des autres terrains (2). »

M'est-il permis de demander si ce qui précède ne concorderait pas beaucoup mieux avec *ce fait qu'aucun terrain ne persiste ni comme gisement, ni comme structure, mais que tous se déplacent ou du bas vers le haut ou de la surface vers les profondeurs du sol, tout en se transformant?*

Non, le monde savant préfère s'en tenir au préjugé de la croyance à un commencement du Monde, à l'origine primitive de certains terrains, si ce n'est même à celle de toute formation géologique, c'est-à-dire à la stabilité de ce que nous connaissons de

(1) DE LAUNAY, *la Science géologique*, p. 694.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 695.

la composition du sol! Cette stabilité que le professeur de Launay suppose « instinctivement attachée par nous à la croûte terrestre (2) » n'est en réalité qu'une illusion!

La première partie de l'extrait ci-dessus (de Launay, p. 695) est exacte, parce que conforme aux faits reconnus. « Mais, » continue le savant professeur; « mais plus le terrain est ancien, plus il a eu d'occasions d'être métamorphisé ». Evidemment, je ne songe pas à le contester, et cela justifie ma thèse à souhait; mais de là, aux *premières formations*, il y a tout juste la même distance qu'entre ma théorie et celle qui a cours actuellement dans les traités et dans les écoles. Quand donc le savant et érudit professeur de Launay se décidera-t-il à renoncer définitivement à ces *formations primitives*. Voyons! peut-on être logique et admettre qu'une partie du terrain archéen daterait d'hier, alors que l'on voudrait faire remonter l'autre partie à l'origine de la croûte terrestre? Non, n'est-ce pas? Toute formation géologique sans exception n'est-elle pas éphémère, parce que la matière terrestre est animée d'un mouvement descendant sous forme de sédiment et d'un mouvement ascendant sous forme de terrain igné, et ces deux mouvements inverses peuvent se produire simultanément, par suite de la distribution localisée des formations géologiques, en régions discontinues relativement distinctes; n'est-il pas incontestable que des formations ignées ne pouvant prove-

(1) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 146.

nir que des grandes profondeurs du sol affleurent actuellement et, d'autre part, que les sédiments se composent de formations cristallines, métamorphiques et laviques, réduites par érosion et transport ?

A en juger d'après l'extrait suivant, même la foi du maître de la géologie orthodoxe en France se trouvait singulièrement ébranlée : « *Conclusions. Distribution du terrain archéen.* Quoi qu'il en soit, la complexité du problème autorise de grandes divergences de vues. Quand même la notion d'une croûte primitive, encore reconnaissable par endroits, ne devrait pas être abandonnée, c'est justice de reconnaître que chaque jour voit se multiplier les gisements réputés archéens, où l'origine métamorphique peut être prouvée par le passage graduel à des roches incontestablement sédimentaires.

« C'est pour cette raison que nous avons cru devoir renoncer définitivement à l'emploi du mot *primitif*, afin de ne rien préjuger du mode de formation (1). »

J'ai écrit (2) que l'ancienneté de l'homme avait été prouvée *malgré la géologie et la paléontologie* : « Il n'y a point d'os humains fossiles, » avait pontifié Cuvier, dans son *Discours sur les révolutions du globe*, et le monde savant s'était aveuglément incliné jusque vers 1850, et même plus tard, malgré la démonstration de l'erreur de Cuvier, faite vers

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 732.

(2) CELS, *Science de l'homme*, p. 19.

1830 par Schmerling (1). Si depuis 1905, l'actualité de formation des terrains archéens, ainsi que celle de tous les autres, avait été prouvée, et de nouveau malgré la géologie et la paléontologie... ce serait incontestablement un fait bien étrange!

(1) Voir SCHMERLING, *P. C. Recherches sur les ossements fossiles découverts dans les cavernes de la province de Liège*. Liège, 1833, 2 vol. et atlas.

CHAPITRE VII

VOLCANISME DE LA MATIÈRE TERRESTRE

Le volcanisme est la fusion de la matière terrestre et son déplacement centrifuge, soit jusqu'à la surface du sol sous forme de lave, fumerolles, etc., soit par intercalation ou intrusion, entre des couches en place, sous forme de roches ignées ; il est évident que les effets du volcanisme varient selon l'état et la composition de la région intérieure volcanisée : de là les déjections diverses des volcans : laves, boues, cendres, fumerolles, eau, etc., ainsi que la diversité des roches ignées : magmas, gneiss, micaschistes, granite, diabases, porphyrites, diorites, basaltes, etc...

Les spécialistes sont encore loin de pouvoir définir rigoureusement le métamorphisme. Saurons-nous jamais réduire les définitions des forces de la Nature, à une simple formule physique, analogue aux formules chimiques ? Pourquoi pas ? Ce serait idéal de simplicité et de précision ; surtout lorsqu'il s'agit, comme c'est précisément le cas du métamorphisme, de déterminer une force spéciale interne du

Globe, dont les effets sont peu connus, dont l'allure paraît encore mystérieuse, dont les rapports avec les forces connexes ne sont que vaguement établis, et qui est me semble-t-il, une combinaison de forces chimiques et mécaniques, de chaleur, d'électricité, de magnétisme, etc..., combinaison diversement influencée par les milieux où elle agit, compliquée d'intervention d'eau, de gaz, de pression, etc. J'en suis donc réduit à constater que non seulement le métamorphisme n'a pas encore été strictement défini par les plutonistes, mais que les limites des fonctions de la cristallisation, du métamorphisme et du volcanisme, sont encore loin d'être exactement connues : de là, obscurité et contradiction même dans la description de ces fonctions. Il est de fait que la matière terrestre cristallisée peut passer de cet état à celui de déjection volcanique en réalisant tous les états intermédiaires : cristal, cristallophyllien, magma, terrain archéen, produit volcanique; ces transformations sont dues au métamorphisme et au volcanisme, séparément ou combinés; mais ceci n'est que conjectural. En sait-on davantage aujourd'hui? Connaîtra-t-on mieux la chose demain? C'est probable, quoique l'on doive se demander si l'on n'en sera pas toujours réduit aux conjectures, vu que les faits relatifs à ces forces internes de la Terre, ne seront peut-être jamais accessibles à l'observation directe. L'intervention du métamorphisme se fait-elle déjà sentir après la première cristallisation des sédiments, en les transformant en cristaux d'un équilibre plus stable?

Je ne le pense pas, parce qu'il n'y a là que phénomènes de cristallisation, et l'état cristallin paraît être l'état le plus parfait auquel la matière puisse atteindre, lorsqu'elle ne fait point partie d'une combinaison organique et vivante, comme un tissu cellulaire.

L'action du métamorphisme a-t-elle des effets distincts, comme qualité, selon qu'elle se manifeste directement, par contact, ou à distance, ou n'est-ce qu'une différence de quantité ou d'intensité? Son effet se borne-t-il à la transformation des cristaux en magmas, ou à celui des roches cristallophyl-liennes et des magmas, en matière archéenne ou en laves? J'ai dit ce que j'en pensais, bien que ma compétence soit loin d'être une garantie de la valeur de mon opinion. Les laves à coulées internes ou laves d'intrusion des profondeurs du sol sont-elles identiques aux laves qui s'épanchent à la surface; c'est probable, mais l'ancienneté des premières, lorsqu'elles affleurent, peuvent leur avoir fait subir de grandes modifications. Quant aux déjections d'eau, de sable et de boue, elles ne sont, je pense, que des accidents de surface du volcanisme, dus au rejet de substances arrivées ou tombées dans la cheminée ou le cratère. Les laves, les cendres, les gaz auraient donc seuls une source profonde, dont les volcans seraient non pas les producteurs, mais simplement les évacuateurs; la fonction des volcans serait en réalité dynamique exclusivement, tandis que le réducteur essentiel des roches cristallines des régions profondes serait le métamorphisme.

Quoi qu'il en soit, la fonction du métamorphisme se rattache directement à celle de la cristallisation d'un côté, et à celle du volcanisme de l'autre, dans le cycle de l'évolution de la matière terrestre; et le volcanisme, et les matières ignées en général, s'y rattachent directement à l'érosion, en ce que ces matières et les laves sont ramenées à la surface du sol, où l'érosion les réduit de nouveau en matière sédimentaire, et ainsi de suite; quoique les fonctions du volcanisme et surtout du métamorphisme soient internes, elles participent donc directement à la constitution et à la structure de la surface de la Terre.

Les déjections volcaniques ont même une importance beaucoup plus considérable qu'on ne l'admet généralement de nos jours, dans la constitution de la surface du sol; à ce sujet, je me contenterai de la citation suivante; on sait d'ailleurs que des régions entières se trouvent dans les mêmes conditions que l'Islande :

« L'Islande est un foyer d'éruptions d'une remarquable puissance; cette île, qui couvre 100.000 kilomètres carrés, avec une altitude moyenne de 470 mètres, ce qui correspond à un volume de 47.000 kilomètres cubes, est entièrement formée de matériaux volcaniques. Seulement, la plus grande partie de cette masse consiste en basaltes et en tufs palagonitiques qui se sont épanchés vers la fin de l'ère tertiaire, sans compter un certain nombre de coulées de laves antérieures à l'époque glaciaire. Ce qui appartient en propre

au temps actuel couvre un peu moins du quart de l'île (1). »

Citons encore un fait plus probant, afin d'établir l'importance de l'intervention du volcanisme dans la constitution de la surface du sol, ainsi que celle du mouvement ascendant de la matière terrestre volcanisée : « Le volcan d'Hawaï se distingue encore par l'ampleur de ses coulées. M. Lowthian Green estimait à 4 kilomètres cubes le total des laves rejetées de 1832 à 1887. Il a calculé de plus que le relief de l'île, entièrement constituée par des laves, représente *onze mille kilomètres cubes* (ce qui suffirait pour couvrir l'Angleterre tout entière d'une couche de basalte de 83 à 84 mètres d'épaisseur). Comme d'ailleurs tous les sondages, même à une grande distance de la côte, rencontrent des matériaux volcaniques; comme les îles voisines de Maui, d'Oahu et de Kauai portent aussi des volcans éteints dont l'un, le Haleakala, atteint encore 3.058 mètres, M. Green ne croit pas téméraire de penser que les îles Sandwich correspondent à une émission de plus de 300.000 kilomètres cubes, volume suffisant pour étendre sur l'Europe entière une nappe de 32 à 33 mètres. Bien entendu la plus grande partie de ces laves n'appartient probablement pas à l'époque actuelle. Mais ces chiffres donnent une idée saisissante de la puissance que peut déployer un seul centre d'éruption, en égalant

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 425.

presque, à lui seul, tout l'ensemble des volcans connus,... (1). »

Quoi d'étonnant à ce que des phénomènes géologiques d'une aussi colossale et troublante puissance, d'où résultent des régions terrestres nouvelles, d'une étendue considérable, ébranlent un moment, mais un moment seulement, les convictions d'un aussi savant et érudit professeur que M. de Launay : « Le *volcanisme*,... est, assurément, celui des phénomènes actuels, qui attire le plus l'attention et étonne le plus l'esprit en contredisant l'idée de stabilité, instinctivement attachée par nous à la croûte terrestre (2). »

D'autre part, je me demande si, contrairement à l'opinion de certains géologues, l'énorme quantité des déjections volcaniques ne suffit pas à compenser les affaissements du sol, de façon à ce que les dimensions de la Terre soient constantes. « Tout se passe comme si la sphère terrestre s'était progressivement contractée, c'est-à-dire comme si l'enveloppe superficielle avait cherché à se rapprocher du centre en pénétrant, par conséquent, dans des sphères de plus en plus petites,... » écrit le professeur de Launay (3). « C'est à l'écroulement du Globe terrestre que nous assistons, » écrit le savant et érudit professeur Süss (4).

(1) VOIR DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 433.

(2) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 146. VOIR DE LAPPARENT, *GÉOLOGIE, Éruptions sous-marines*, p. 442, et *Krakatoa*, p. 435.

(3) IDEM, *Ibid.*, p. 393.

(4) SUESS, *la Face de la Terre*, trad. de Margerie, t. I^{er}, p. 823.

C'est exact, nous assistons à l'éroulement du Globe, en même temps qu'à son édification ! Les modifications de la longueur du rayon terrestre, en moins par les affaissements et les effondrements du sol, en plus par les soulèvements et les déjections volcaniques, sont incontestablement localisées, comme le sont toutes les modifications de la structure du Globe ; il est donc évident que la longueur moyenne du rayon terrestre ne varie pas, puisque d'ailleurs la quantité de matière terrestre est, peut-on dire, constante.

Il est indispensable de rappeler ici que les différentes fonctions de l'évolution ne se succèdent pas nécessairement toujours en un cycle complet, mais qu'elles sont sujettes à des inversions et à des transgressions nombreuses ; je répète donc qu'on se tromperait en exagérant la rigueur de ces lois : des exceptions existent, des anomalies se produisent, mais l'ensemble des phénomènes constitue bien une évolution véritable, malgré l'extrême complication qui se réalise parfois dans les différentes manifestations de ces fonctions ; il est souvent difficile d'élucider leurs influences mutuelles, leur soumission aux forces physiques : gravitation, électricité, pression, chaleur, etc... Des phénomènes sont crus indépendants, parce que leur solidarité n'a pas encore pu être établie, d'où indécisions et incertitudes nombreuses. D'ailleurs la perception de la loi de cette évolution est rendue plus pénible encore par suite des transitions entre les phénomènes qu'elle régit ; transitions combien irrégulières et

souvent séparées par des périodes tellement longues, que jusqu'à présent elles n'ont pour ainsi dire pas été perçues. Bien plus, leur existence même a été niée : je n'en veux pour témoignage que la croyance générale des savants à la stabilité et à la persistance des formations géologiques.

Et cependant tous les terrains se transforment et se déplacent, puisque dans certaines couches actuellement parmi les plus profondes connues, et classées parmi les plus anciennes, des traces de vie ont été découvertes, et que, d'autre part, dans des couches de même formation, dont certaines parties affleurent présentement, des découvertes identiques ont été faites... J'infère de ces découvertes que les susdites couches actuellement enfouies dans les profondeurs du sol, ont été formées à la surface et que celles qui affleurent maintenant proviennent des mêmes profondeurs, et que de plus, il n'en est aucune dont la structure et le gisement soient définitifs.

Cependant, cela ne veut pas dire que toutes les formations soient d'origine primitive sédimentaire ou ignée ; je pense au contraire que la vérité se trouve entre le neptunisme et le plutonisme absolu ; l'existence de formations ignées est aussi incontestable que celle de sédiments. Mais d'un côté, les cristaux différents que contiennent les roches ignées et même les laves, ne sont-ils pas de formation antérieure, due à la fonction cristallisation, qui présuppose sédimentation, et de l'autre côté, de ce que les sédiments se composent de roches érodées et triturées, ne serait-il pas illogique

d'inférer la préexistence des formations ignées? D'ailleurs, dans la constitution des roches ignées, il entre incontestablement une grande partie d'éléments provenant de sédiments antérieurs métamorphisés.

Ce qui me paraît incontestable est d'admettre que la matière terrestre existe alternativement sous forme sédimentaire, cristalline, ignée et lavique, et qu'elle est en voie permanente de transformation; aucune de ces formes n'est donc *primitive*; mais chacune d'elles n'est qu'un *facies* caractéristique d'une des fonctions de l'évolution de la matière terrestre.

N'est-il pas incontestable que la surface du Globe donne presque partout sous forme de sédiment marin, la preuve du séjour de la mer, et que, d'autre part, il n'y existe pas de région où, sinon dans la couche superficielle du moins à quelque profondeur, ne se trouvent des traces de transformation géologique, soit dislocation, soit altération de la composition et de la structure des terrains. Les sédiments les plus récents peuvent conserver pendant longtemps leur horizontalité et leur composition originelles, mais tôt ou tard ils se cristalliseront, seront métamorphisés et disloqués; il est de fait que parfois leur partie inférieure est déjà transformée, alors que leur partie superficielle est encore intacte; généralement dans ce cas, la partie la plus transformée de la couche est à la base et passe graduellement vers le haut à des parties de moins en moins transformées jusqu'à la partie qui forme

le sommet, laquelle est parfois indemne encore de toute altération; d'ailleurs l'émersion de ces sédiments implique déjà une modification de leur nature originelle. L'évolution de la matière terrestre s'étend partout et à toutes les formations géologiques : elles sont toutes d'une durée limitée; les faits suivants ne sont-ils pas définitivement acquis à la science : passage de la tourbe à la houille, à l'anthracite, à la lignite; passage des argiles aux schistes, aux jaspes, au limon-ardoises; passage des calcaires à la craie, aux marbres; passage des grès aux arkoses; et ainsi de suite.

Les analogies, les similitudes et les métamorphoses des roches nous ont surtout été révélées par l'emploi du microscope. « Il semble, » écrit de Launay (1), « qu'on assiste, en quelque sorte à la formation des roches en les examinant au microscope »; on surprend en même temps leurs transformations ou métamorphoses, si j'ose m'exprimer ainsi. J'ajoute encore quelques faits probants, puisés dans le *Traité de géologie* de Lapparent : « Le *Gneiss* est un agrégat à texture rubanée, formé des éléments constituants du granite, quartz, feldspath et mica (2). »

C'est-à-dire que le gneiss est formé d'éléments cristallisés antérieurement, puis transformés et mélangés par métamorphisme et brassage.

« Le *Micaschiste* est essentiellement formé de

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 169.

(2) P. 701.

quartz et de mica, le plus souvent biotite, disposés en zones alternantes (1). » Même observation.

« Au voisinage des granites et surtout des granulites, le micaschiste est souvent feldspathisé, au point qu'il devient difficile de le distinguer du gneiss (2). » Il a donc été transformé ultérieurement à sa formation.

« La *Leptinite* est un mélange cristallin, à grain fin ou moyen, d'orthose et de quartz, souvent avec du grenat disséminé (3). » Même observation que pour le gneiss et le micaschiste.

« L'*Amphiboloschiste* ou schiste amphibolique est au micaschiste ce que le gneiss à amphibole est au gneiss ordinaire. C'est un agrégat schisteux de quartz et d'amphibole, parfois avec feldspath et grenat (4). » Même observation.

« Les marbres dits Cipolins sont des calcaires cristallins et schisteux, généralement micacés, talcifères ou chloriteux, et où les minéraux pailletés sont disposés en bandes comme dans le gneiss. Souvent des paillettes cristallisées de graphite sont répandues dans la masse à la manière du mica. »

« Le passage des cipolins aux micaschistes peut s'effectuer par des calcschistes micacés, consistant en calcaire grenu, avec mica et quartz (5). » Même observation, etc., etc...

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 703.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 704.

(3) IDEM, *Ibid.*, p. 704.

(4) IDEM, *Ibid.*, p. 704.

(5) IDEM, *Ibid.*, p. 706.

Le professeur de Lapparent était donc bien inspiré en écrivant : « ... le métamorphisme, agissant sur des roches stratifiées d'âge quelconque, pouvait engendrer des terrains en tout semblables à celui qu'on appelait primitif. La transformation peut se suivre pas à pas, depuis les sédiments fossilifères jusqu'à ceux où la cristallinité est devenue complète (1) ». Or, le métamorphisme *peut engendrer encore actuellement* et de fait, la transformation et le déplacement des roches s'opèrent de façon continue : ne serait-il pas insensé d'admettre que ces formations et ces transformations se seraient opérées à l'origine, en un moment et pour ainsi dire d'un seul coup ?

N'est-il donc pas logique et incontestable que l'activité des forces matérielles de l'écorce terrestre est aussi indestructible que celle de la matière elle-même qui la constitue ? Les transformations des roches, c'est-à-dire leurs réactions réciproques sont donc permanentes et continues, par suite, leur composition et leur structure respectives sont instables ou toujours en voie de combinaisons et de transformations nouvelles. Le professeur de Launay bien qu'étant d'un avis radicalement opposé au mien, au sujet de l'origine de la Terre et de la stabilité de son écorce, expose la question de la façon suivante : « Toute l'écorce terrestre est, presque uniformément, un silico-aluminate de quelques bases simples, alcalis, chaux, magnésie et oxydes de fer ;

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 725.

elle est tout entière constituée par les sept ou huit mêmes éléments, qui, pour fixer les idées, peuvent se résumer en un mélange à proportions variables de deux minéraux caractéristiques, un feldspath et un périclase. C'est ce que M. Michel Lévy a exprimé, comme on l'a vu plus haut, en disant que les roches étaient toutes produites par la combinaison des deux groupes suivants : d'une part, une scorie feldspathique acide, composée de silice, alumine, alcalis (potasse et soude) et chaux; de l'autre, une scorie ferro-magnésienne basique, où la silice, qui est l'élément acide de toute cette métallurgie, s'est emparée d'un excès de chaux, de magnésie et d'oxydes de fer.

« Cette division est si nette que M. Michel Lévy en a fait, ainsi que je l'ai déjà dit, la base de ses diagrammes et de sa théorie pétrographique et que les auteurs étrangers l'ont admise, pour la plupart, sous une forme ou sous une autre. Toutes les roches nous apparaissent ainsi comme formées par le mélange, en proportion variable, de ces deux magmas, qui s'éliminent réciproquement, c'est-à-dire que, quand la silice augmente, entraînant d'abord l'alumine et les alcalis, les bases, dont la magnésie est la plus caractéristique, diminuent et, finalement, l'on arrive : d'un côté, à de la silice pure; de l'autre, à un mélange de magnétite avec des silicates de magnésie.

« Si l'on considère en outre les éléments accessoires des roches, dont la proportion ne dépasse guère au total 2 p. 100, ceux-ci vont, tout naturel-

lement, se rattacher aux deux groupes précédents et ne font que confirmer et accentuer la division précédente. Ce sont : d'une part, les éléments de fumerolles, ou minéralisateurs, auxquels nous devons attribuer un rôle particulièrement actif dans les scories acides, chlore, soufre, phosphore, bore et carbone, et quelques métaux du groupe du calcium (tels que le baryum ou le strontium, venant remplacer parfois celui-ci); de l'autre, les métaux de ségrégation basique, qui vont se classer avec la scorie ferro-magnésienne : titane, manganèse, nickel, cobalt, chrome, vanadium, terres rares.

« En dehors de ces éléments, la somme de tous les autres, que l'on trouve exclusivement sur certains points de concentration, recherchés par l'industrie minière et auxquels nous attribuerons bientôt une origine plus profonde, n'intervient pas, dans son ensemble, pour 1 à 100,000° et ne joue aucun rôle dans la minéralisation; on peut donc les négliger en pétrographie proprement dite et l'on voit qu'en résumé les roches paraissent toutes formées par la réaction réciproque des deux mélanges, l'un acide, l'autre basique, indiqués un peu plus haut, avec intervention active des minéralisateurs, chlore, soufre, phosphore, bore, qui se combinent particulièrement à la scorie acide et l'aident à dissoudre la scorie basique (1). »

Je me demande si la négation des transformations continues des roches composant l'écorce ter-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 546.

restre, ne serait pas aussi illogique, aussi irrationnelle, que le serait la thèse qui consisterait à soutenir que les corps mentionnés ci-dessus par le professeur de Launay, corps qui entrent dans la constitution de l'écorce, sont devenus incapables de réactions chimiques, physiques et mécaniques, à partir d'un moment donné (1)? Est-ce que le plus simple contact de deux corps peut se produire sans inévitablement donner lieu à réaction, se manifestant par des phénomènes calorifiques, électriques, chimiques? A plus forte raison, que doit-il en être des diverses formations géologiques, continuellement soumises à la gravitation, aux courants magnétiques et électriques, aux réactions chimiques, en un mot à tout le dynamisme terrestre?

Reprenons l'étude du volcanisme.

« Dans tout ce qui va suivre, j'admettrai implicitement un premier point, qui me paraît résulter avec netteté de toutes les études géologiques : c'est l'identité probable entre le volcanisme actuel et les manifestations éruptives, qui ont pu avoir lieu à des époques diverses. Ces manifestations, en dehors d'une évolution possible, sur laquelle je reviendrai, ont dû, à tous les moments, affecter des caractères

(1) A ce sujet voir les *Altérations des roches* dans LA GÉOLOGIE de DE LAPPARENT, liv. II, sect. II. *Actions chimiques*, p. 319.

Voir également : *Description des principaux types lithologiques* (fouilles et passages), pp. 627 et suiv.

Voir : *Altération des terrains sédimentaires* dans LA SCIENCE GÉOLOGIQUE de DE LAUNAY, pp. 114 à 118 et p. 22 (cristallisation) et p. 146.

analogues et ne nous semblent aujourd'hui si différentes que parce que l'inégal niveau atteint par les érosions, sur des zones éruptives plus ou moins anciennes, en a mis à jour des sections horizontales plus ou moins profondes, ou cristallisées dans des conditions que réalise d'ordinaire une profondeur inégale. Les problèmes, qui vont se poser pour les roches éruptives anciennes, sont donc les mêmes que ceux qui se posent pour le volcanisme actuel et nous nous croyons le droit d'en chercher simultanément la solution.

« La première question, que nous devons résoudre relativement à toutes les roches éruptives, est celle de leur origine. Après quoi, nous aurons à examiner leurs relations réciproques et les rapports de leur venue au jour avec les dislocations du sol.

« Les roches éruptives en ignition ont subi autrefois, ou subissent encore, là où elles se manifestent, un mouvement d'ascension incontestable; elles viennent d'en bas, mais de quelle profondeur, on l'ignore. Faut-il imaginer que, sous les cheminées éruptives, il existe une communication directe de la superficie avec des parties centrales encore fluides de notre planète? Ou la manifestation éruptive se borne-t-elle à une refusion, presque superficielle, d'éléments antérieurement consolidés? Entre ces deux extrêmes, toutes les théories possibles ont été proposées (1). »

Inutile je pense d'insister, je me rallie à l'hypo-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 545.

thèse de la refusion des terrains antérieurement consolidés et successivement transformés par métamorphisme, cristallisation, sédimentation, transport et érosion, en admettant bien entendu, qu'ils aient successivement subi toutes les phases du cycle de leur évolution.

« Les analyses chimiques me semblent, d'abord, mettre en évidence le caractère de banalité, qui rend toutes les roches éruptives très voisines, en somme, les unes des autres et qui nous force, pour les distinguer, à porter notre attention sur des particularités de détail. Cette banalité correspond bien avec le fait que toutes ces roches se sont formées, selon toutes vraisemblances, dans une zone très limitée de la sphère terrestre : une zone, qui n'atteint peut-être pas la 200^e partie de son rayon et par des opérations de métallurgie analogues, où un très petit nombre d'éléments, toujours semblables, se sont trouvés en jeu. Elle est encore accentuée par la similitude avec les terrains sédimentaires, qui, produits aux dépens des roches cristallines, après des remaniements plus ou moins accentués, contiennent nécessairement, eux aussi, les mêmes principes : en sorte que tous les terrains, sur lesquels portent nos observations géologiques, ont, sauf quelques points exceptionnels de concentration métallifère, à peu près la même composition moyenne, qui pourra être déterminée dans un chapitre ultérieur (I). »

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 546.

J'en reviens à l'hypothèse de la *refusion*, avec l'appui de l'éminent professeur : « La première théorie est celle qui fait consister tout le volcanisme, toute l'éruptivité ancienne dans la simple refusion d'éléments déjà solidifiés. On a fait remarquer que la seule accumulation des sédiments sur quelques kilomètres d'épaisseur, au fond d'un géosynclinal, devait élever la température à la base et ramollir les roches, au point de provoquer l'affaissement du synclinal, qui accentuerait, à son tour, la sédimentation. Si l'on fait intervenir, en outre, la chaleur dégagée par le dynamisme lui-même, on peut admettre qu'il existe là des causes de chaleur suffisantes pour produire la fusion complète des roches et, par une simple pression hydrostatique exercée au-dessous des zones affaissées, amener la remontée de ces roches fondues dans les fractures voisines. Le phénomène prend encore plus de vraisemblance, quand on croit, comme je l'ai indiqué plus haut, à l'exemple de M. Süss, que l'histoire géologique a comporté de véritables effondrements, portant sur des compartiments entiers de l'écorce, et quand on observe à quel point les épanchements volcaniques ont une tendance à se localiser près des fractures résultant de ces effondrements, notamment au voisinage des fractures périphériques.

« Cette théorie de la refusion a trouvé, en dernier lieu, une certaine confirmation dans les belles expériences de M. Armand Gautier, montrant qu'il suffit de refondre un granite pour obtenir, du même coup, la vapeur d'eau caractéristique du volcanisme et

tous les éléments gazeux, qui l'accompagnent sous la forme de fumerolles (1). »

La théorie de la refusion possède donc toutes les conditions de l'exactitude, mais comme la croûte terrestre ou du moins ce que nous en connaissons n'est pas uniforme et homogène en profondeur, il faut nécessairement admettre qu'il s'y produit des transformations. Alors que dans certaines régions profondes se produisent des phénomènes de fusion ou transformation de roches et de magmas en lave, d'autres régions, où s'est peut-être produit un abaissement de température, peuvent être le théâtre de formation de magmas, mélanges solidifiés de débris de roches cristallines, préalablement désagrégées par l'action des forces internes, si bien décrites par le professeur de Launay ; seulement, n'a-t-il pas un peu perdu de vue la localisation tant interne qu'externe des différentes fonctions du dynamisme terrestre ?

La théorie du professeur comprend :

« B. *Formation des roches éruptives.* — Facteurs essentiels à considérer :

1° Profondeur de cristallisation, rôle de la pression et des minéralisateurs ; liquation par densité entre les roches grenues, acides et basiques.

2° Liquation, différenciation et ségrégation par densité ou par contact de parois froides. Principe de Soret. Ordre prétendu de succession des coulées.

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 552.

3° Diverses actions de contact. Refusion ou métamorphisme des parois. Enclaves, etc...

4° Conditions de refroidissement. Influence sur la composition minéralogique et sur la structure (1). »

Puisque la croûte terrestre varie en surface et en profondeur (poches fluides limitées, magmas localisés), il est évident que les théories de la refusion et celle de M. de Launay sont compatibles; les deux manifestations coexistent incontestablement, mais elles se produisent dans des régions différentes. J'en vois une preuve, celle même d'un voisinage assez proche, voire même une superposition, dans certaines régions volcaniques, aux faits suivants, cités par le savant professeur :

« D'autre part, quand on constate, dans les roches intrusives, émanées de ce magma fondamental, la présence de grands cristaux, souvent recuits, refondus, corrodés, on arrive à l'idée que ces phénocristaux ont dû être, d'abord produits en profondeur, puis entraînés par le reste de la pâte fluide, comme cette provision de cristaux anciens, que nos laves paraissent toujours apporter vers la superficie (2). »

La volcanisation de la matière terrestre ne se réalise donc pas toujours complètement et, au lieu d'aboutir à la formation de lave, elle subit un arrêt, dû peut-être à un abaissement de tempéra-

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 554.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 565.

ture; la refusion serait le phénomène de transformation complète en lave.

« Quelle que soit l'origine première des magmas ignés éruptifs — origine, que nous laisserons maintenant tout à fait de côté, — il est certain que ces magmas ignés existent en profondeur et que, dans les zones éruptives, ils subissent des déplacements vers la superficie, accompagnés de liquations, de différenciations et de brassages intérieurs, de telle sorte qu'il se produit une série de roches éruptives, affectant des conditions de gisement différentes, des compositions chimiques distinctes, une acidité plus ou moins grande, etc., et que ces variétés de roches arrivent, par suite, en y ajoutant les diverses compositions originelles du magma, à former toute notre série pétrographique (1). »

« L'âge des roches éruptives paraît, en effet, n'avoir qu'une valeur locale et il ne semble pas, comme nous allons le dire, qu'on puisse, si on envisage les choses d'un point de vue théorique, constater une évolution, en vertu de laquelle un type de roches serait strictement et uniquement d'un âge déterminé. »...

« Il est apparu que chaque période de plissement avait entraîné les mêmes récurrences de roches éruptives et, par exemple en Europe, que l'on pouvait, du Nord au Sud, trouver le même porphyre, d'abord précambrien au Nord, puis silurien, puis carbonifère, puis tertiaire au Sud.

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 555.

« Depuis lors, cette idée, déjà complexe, dont j'ai été obligé de montrer la genèse par ce court historique, s'est compliquée encore.

« Tout d'abord, nous savons maintenant qu'un plissement est loin de s'être produit subitement et simultanément sur toute sa longueur, mais qu'il a eu lieu pendant de longues périodes, avec des retards d'un point à l'autre, analogues à ceux que subit la marée entre deux ports. Dans cette œuvre de longue durée, toutes les conditions propres à la montée de roches éruptives ont pu se répéter à plusieurs reprises et se réaliser à des moments différents dans les diverses parties d'une même chaîne. Si l'on change de continent, l'observation devient encore plus frappante; les mouvements d'Amérique ou d'Australie, même quand nous savons les relier aux nôtres, ont pu se produire longtemps après ou avant, alors que nos régions étaient tranquilles. La même roche peut, par suite de cette observation seule, avoir cristallisé, à divers points du monde, presque à tous les âges. »...

« Avec de telles idées théoriques, la notion d'âge absolu pour une roche quelconque s'effrite et disparaît presque; la notion d'âge relatif entre deux roches d'une même série demande elle-même à être restreinte à des roches d'épanchement, qui, seules, ont un âge réellement bien déterminé et c'est pour celles-ci seulement que l'on peut, en toute rigueur, parler d'une succession.

« Mais, si la notion d'âge nous paraît aujourd'hui n'avoir plus la même valeur générale en pétrogra-

phie, elle n'en garde pas moins toute sa valeur locale, comme moyen précis de rattacher les manifestations pétrographiques aux mouvements tectoniques (1). »

« La métallogénie a passé, en ce qui concerne les notions d'âge, par les mêmes phases que la pétrographie. On a commencé par confondre toutes les roches et les minerais dans une même formation primitive; puis, lorsqu'on a découvert que leur âge pouvait varier, on a attribué à chacun d'eux une époque strictement déterminée; un peu plus tard, on a constaté une, puis deux récurrences de métaux semblables et l'on est enfin arrivé à la théorie actuelle, que j'ai déjà eu l'occasion d'exposer plusieurs fois, d'après laquelle chaque période de plissements ou d'effondrements a ramené, en pétrographie et en métallogénie, des phénomènes analogues (avec une évolution possible, mais bien peu marquée) : les différences apparentes résultant surtout des conditions diverses, où les minerais et les roches nous apparaissent, par suite d'une érosion plus ou moins avancée.

« Nous croyons donc aujourd'hui qu'il n'y a pas un âge déterminé pour l'étain, l'or, le plomb ou le mercure, pas plus qu'il n'y a un âge pour le granite, la rhyolithe ou le basalte (2). »

L'observation directe ne peut nous faire connaître les régions profondes, mais l'inférence nous

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 566, 567 et 568.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 621.

met en état d'en reconnaître la composition grâce aux affleurements ; en effet, que constatons-nous en ce qui concerne la composition et la structure de ces affleurements actuels de formations ignées provenant incontestablement des profondeurs : ces produits rocheux ou métallifères n'ont pas partout la même composition, ils varient d'une région à l'autre; cependant les familles pétrographiques en atténuent les caractères différentiels; mais les gîtes métallifères si différents sont des preuves manifestes de l'existence de zones profondes distinctes; il est probable pourtant que les régions profondes sont plus uniformes et plus homogènes que celles de la surface, à cause de la grande différenciation due aux climats et à la présence d'organismes vivants, qui ne peuvent que faiblement affecter les profondeurs du sol.

« La répartition géographique des volcans actuels obéit à une loi très-nette et de la plus grande évidence. Tous ces volcans si nombreux s'alignent suivant des arcs de courbe très-allongée, qui se raccordent les uns aux autres et dessinent des traînées sinueuses sur la surface de la sphère terrestre. Ils jalonnent, manifestement, des lignes d'affaiblissement, de rupture ou d'éclatement, correspondant peut-être en profondeur à des plans de dislocation verticaux, discontinus à la surface, sur lesquels leurs cheminées peuvent marquer des points d'étoilement, des intersections de cassures secondaires avec la fracture principale. Le phénomène se poursuit en petit et, dans un volcan déterminé, on

retrouve, de même, le plan de rupture principal, les cassures secondaires, avec les cratères adventifs, qui accompagnent souvent le cratère principal.

« De telles dislocations, par lesquelles les roches fluides de la profondeur montent à la surface, signalent à première vue, des lignes d'affaiblissement importantes et profondes de l'écorce et cette importance, cette profondeur, apparaissent d'autant mieux que l'on peut voir certains de ces accidents jalonner, presque d'un bout à l'autre, les côtes du Pacifique, aller de la Syrie aux grands lacs africains (axe érythréen), suivre l'axe de l'Atlantique, ou, en plus petit, contourner la Méditerranée Occidentale.

« Quand on examine quelles sont les zones géologiques ainsi entourées par des traînées de volcans, on voit que ce sont, le plus souvent, des zones récemment effondrées, et que l'axe volcanique accompagne, à faible distance, un plan de fracture, suivant lequel s'est produite une dénivellation considérable entre un compartiment de l'écorce plissé et surélevé et un autre disparu en s'affaissant sous la mer. On peut alors supposer, avec M. Süss, que c'est la pression même du compartiment affaissé, qui a déterminé l'ascension des roches éruptives par les cassures ou les événements circulaires ouverts le long de son bord : avec quelle force, on le conçoit, en remarquant que certains cratères volcaniques, sur la périphérie du Pacifique, atteignent 6.000 mètres d'altitude (1). »

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 572.

La localisation des volcans à la surface permet jusqu'à un certain point, de conclure à la localisation intérieure des régions volcaniques, par conséquent aussi à la localisation des phénomènes de refusion; ainsi qu'à leur coexistence avec le mode de formation décrit par M. de Launay.

« M. Michel Lévy a montré que les magmas étaient extrêmement différents d'un point à l'autre dans les effondrements en ovales, dans les arcs imbriqués du Japon et dans l'axe Atlantique. Il y a, au contraire, grande continuité, grande homogénéité de magmas dans les effondrements en tables étoilées du Colorado, sur la longueur des Andes ou dans l'axe érythéen.

« Si l'on remarque que l'axe Atlantique est extraordinairement discontinu et se compose, en somme, de quelques points disséminés, dont la relation nous est masquée par la mer, on est conduit à admettre qu'il peut exister en profondeur deux types essentiels de zones volcaniques : I, les énormes dislocations linéaires, formant, dans tout leur ensemble, une seule unité et communiquant, dans des conditions analogues, avec les réservoirs ignés souterrains (Colorado, Andes, axe Erythéen) et, II, la multiplicité des fosses elliptiques ou arquées, occupant, dans leur groupement, une bande continue, mais par elles-mêmes discontinues, à communications indépendantes avec des bains déjà différenciés et donnant, par suite, des magmas très variables.

« La loi, ainsi établie pour les volcans en acti-

tivité, ou pour les volcans récemment éteints, qui s'y rattachent directement, peut être étendue sans peine aux éruptions tertiaires, dont les manifestations extérieures sont encore assez bien conservées, pour qu'on soit en mesure d'établir leur lien avec les mouvements du sol contemporains et quelques-uns des exemples cités plus haut appartiennent à ces éruptions tertiaires (1). »

Le nombre assez restreint d'épanchements de laves à la surface du Globe permet aussi de savoir que la fonction volcanique est surtout active dans les profondeurs du sol, et que ses résultats arrivant directement à la surface par les cratères sont l'exception, tandis que la grande quantité des formations ignées n'arrivent à la surface que par suite d'érosions et de transports; d'où connexion du volcanisme et de l'érosion.

« Quand on examine, sur une zone de plissement ancienne et, par conséquent, sur une coupe profonde, la répartition horizontale de ces granites, qui partout ne sont arrivés au jour que par une longue érosion consécutive, on les voit pénétrer dans les plissements des terrains enveloppants ayant jadis formé leur couvercle ou leur manteau, en se localisant de préférence dans leurs voûtes anticlinales. On a donc l'impression d'un magma liquéfié, qui se serait introduit par une pression continue et sans accident violent dans les zones plissées, au fur et à mesure de leur plissement même, en pénétrant

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 574.

surtout dans les saillies et, comme je viens de le dire, et accentuant lui-même, par un effet de dissolution, les vides que le plissement aurait pu y introduire. Nous placerions volontiers la cristallisation de ces magmas granitiques à la base des chaînes plissées elles-mêmes; leur présence au-dessous du géosynclinal originaire semblerait, en effet, toute naturelle, puisque nous avons été conduits par la tectonique à admettre, sous celui-ci, une liquéfaction, une fusion entraînant l'enfoncement du géosynclinal, avec les plissements et les sédimentations correspondants. Ce granite profond a pu, dès lors, contribuer à créer ce que j'appellerai une atmosphère de métamorphisme en déterminant, dans toute la base de la chaîne plissée, par des circulations d'eaux alcalines sous pression, la recristallisation des sédiments, avec les aspects divers auxquels nous attribuons le nom de gneiss, micaschistes, etc..., suivant que l'apport alcalin a été plus ou moins prononcé et s'est produit plus ou moins immédiatement sur un sédiment, dont la nature elle-même pouvait varier.

« Quand, partant de ces roches profondes, dont le granite représente seulement le type le plus connu, on envisage des roches dont les caractères cristallins impliquent moins d'homogénéité, moins de pression et moins de profondeur, on les voit à la fois se localiser davantage et prendre des caractères plus particuliers. Les masses intrusées de ces roches moins profondes s'isolent en lentilles, en dykes, en filons, s'infiltrant dans les cassures,

s'introduisent dans les joints des sédiments; ce ne sont plus, quand il s'agit des roches auxquelles on donne le nom de granulites, microgranulites, porphyres, porphyrites, etc..., ces belles cristallisations tranquilles et homogènes par grandes masses que nous rencontrions pour le granite, la syénite, le gabbro, etc., mais des types de plus en plus analogues à ce que nous pouvons observer directement sur les flancs d'un volcan récemment éteint, quand une tranchée naturelle se trouve y mettre à jour les cheminées d'ascension, par lesquelles les magmas fondus ont tenté de s'élever vers la surface. Naturellement, plus on se rapproche ainsi de la superficie et, par conséquent, plus on peut supposer qu'en moyenne la pression a dû diminuer, plus une sélection a dû se faire entre les éléments en fusion, les plus facilement solubles ayant seuls pu arriver jusque-là, tandis que les plus réfractaires étaient plus bas arrêtés par la cristallisation. On est ainsi amené progressivement aux roches particulièrement fusibles qui, parvenues jusqu'aux événements volcaniques eux-mêmes, ont coulé à la surface en nappes de laves (1). »

Après l'exposé si lucide et si savant qui précède, est-ce que les transformations et les déplacements des roches internes du Globe peuvent encore laisser subsister l'ombre d'un doute, en ce qui concerne la croyance à la stabilité de la croûte terrestre et au double mouvement ascendant et descendant des

(1) DE LAUNAY, L., *Histoire de la Terre*, Paris, 1906, p. 206.

différents terrains qui entrent dans sa constitution (1)?

D'autre part, les débris de volcans éteints, en activité lors des formations tertiaires, nous permettent de conclure à des déplacements des régions volcaniques internes; d'autant plus que de nouvelles régions volcaniques apparaissent à la surface du Globe, alors que d'anciennes s'éteignent et disparaissent complètement, enlevées tôt ou tard par érosion et transport. Il semble donc incontestable, que les fonctions et les régions profondes sont, comme les fonctions et les régions superficielles, en voie de déplacements et de perturbations continuels; les volcans ne seraient donc pas une série d'événements ouverts dans une zone à laves d'un niveau uniforme et étendue à toute la sphère, et cette zone fluide elle-même, n'existerait pas (2).

« Ainsi nous voyons combien les cônes de cendre et les cratères, qui caractérisent extérieurement le volcanisme superficiel, sont un accident localisé et de durée éphémère. Dès que la venue éruptive est un peu ancienne, tout cet appareil a été détruit et l'on voit apparaître au jour ses parties plus profondes, où se manifestent les phénomènes intrusifs... En même temps, par une autre conséquence de l'érosion, au voisinage du centre éruptif, les coulées superficielles, qui protègent leur soubassement contre l'usure, tendent de plus en plus à

(1) Voir chap. I^{er}, pp. 59 et s.

(2) Voir DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 551.

occuper des plateaux, tandis que des vallées se creusent à leur pied, ou les découpent en tronçons (1). »

Malgré le creusement de ces vallées, la nappe ignée ne se découvre point. Aurait-elle baissé de niveau? Quoi qu'il en soit, les sédiments descendus dans ces profondeurs sont soumis, si toutefois il leur reste encore quelque trace de leur nature sédimentaire, à une transformation en magmas ou en laves, en attendant leur retour à la surface du sol, où ils reprendront le cours des mêmes transformations : certains terrains affleurant actuellement ont été cristallisés et métamorphisés à une distance de plusieurs kilomètres de la surface du sol, comme aussi des laves situées sur des plateaux élevés, ont été répandues autrefois dans une vallée.

(1) DE LAUNAY, *la Science géologique*, p. 338.

CHAPITRE VIII

CONSIDÉRATIONS GÉOLOGIQUES, PALÉONTOLOGIQUES ET ANTHROPOLOGIQUES

Reste à savoir ce qui peut être logiquement inféré de nos connaissances relatives à l'état actuel du Globe, en nous basant sur les faits positifs suivants : 1° Mouvement des couches géologiques ; — d'une part, la matière terrestre sous forme de sédiment se meut vers les profondeurs du sol, en se cristallisant, en se métamorphisant, en se volcanisant ; cependant la succession normale des fonctions de l'évolution est transgressée par des sédiments qui de nouveau sont érodés et transportés, parfois après avoir été cristallisés ; — d'autre part, la matière terrestre est en mouvement vers la surface du sol, soit sous forme de déjection volcanique, soit sous forme de roche, par suite du transport des terrains qui la recouvraient, d'où résulte son affleurement, soit aussi par l'ascension de roches éruptives en ignition, corrélative de dislocations de la croûte terrestre ; cependant la succession régulière des fonctions de l'évolution est aussi transgressée par

des roches et des magmas qui se transforment et se déplacent dans les profondeurs, sans être amenés jusqu'à la surface.

De ces déplacements, centripètes pour telles formations et centrifuges pour telles autres, au cours desquels elles subissent des transformations nombreuses et variées, n'est-il pas logique d'inférer que les différentes couches géologiques sont produites à toutes les époques que veulent distinguer les géologues, et qui en réalité n'en forment qu'une seule? Aurait-on jamais constaté l'existence d'une discontinuité ou arrêt temporaire dans le temps infini, voire la production d'un phénomène terrestre constituant ne fût-ce qu'un tournant de l'histoire de notre planète? Ne semble-t-il pas que la réponse ne puisse être que négative?

2° Disparition d'espèces végétales et animales, soit par extinction, soit par transformation ou évolution spécifique.

Les plantes, les animaux et l'humanité évoluent; des races mais non des espèces nouvelles se forment, se fixent et perdurent dans les limites de l'identité spécifique; cependant certaines espèces s'éteignent; elles diminuent donc en nombre, alors que les races se multiplient.

3° Présence de l'homme depuis l'aurore de l'époque tertiaire des géologues, constatée par la découverte dans la région de Spiennes (Belgique), de silex verdis, à la base du landenien, tertiaire inférieur de quelques géologues belges.

« En 1887, je publie ma découverte de silex verdis

du gisement de la carrière Quintens (1) : les silex quaternaires, les silex mesviniens et les silex verdis se trouvent stratigraphiquement séparés les uns des autres dans certains gisements de la région de Spiennes...

« Je vais m'occuper maintenant de l'âge relatif de ces trois séries de silex, en me basant sur leur patine respective.

« Enfouis, les silex taillés sont patinés par leur gangue. De l'état des silex verdis, que, dans la région de Spiennes, nous extrayons des couches à silex mesviniens à patine brune, il est donc permis d'inférer que ces silex verdis proviennent de couches de sable vert (landenien ou tertiaire inférieur de quelques géologues belges), qui, après être restées en place pendant un laps de temps suffisamment long pour donner une patine verte à ces silex, ont été remaniées, alors que des silex mesviniens gisaient au-dessus d'elles; plus tard, ces silex verdis et ces silex mesviniens ont été englobés dans la formation géologique, où nous les retrouvons ensemble. De la patine verte conservée par ces silex, malgré leur séjour dans les couches du sable qui a patiné en brun les silex mesviniens, on peut aussi inférer : la durée géologique des conditions de ce nouveau gisement des silex verdis, depuis son origine jusqu'à nos jours, est bien moins longue

(1) Voir *Bulletin de la société d'anthropologie de Bruxelles*, t. VI, 1888, p. 168, t. VIII, pp. 51 et 189, t. IX, p. 123, t. XVI, p. 248, t. XXII, pp. 1 à 23 des *Mémoires*.

que celle de leur séjour dans le sable vert, qui fut leur gangue jusqu'au moment de son remaniement; les silex verdis et les silex mesviniens ont donc été employés à des époques séparées par des événements géologiques d'une durée relativement considérable.

« En supposant qu'aucun gisement de la région de Spiennes ne contienne de silex verdis stratigraphiquement séparés des silex mesviniens, il y aurait encore lieu de soutenir, d'après la patine respective de ces silex, qu'ils ont été taillés à des époques séparées par un laps de temps fort long. S'il en était autrement, la patine verte serait incontestablement remplacée par une patine brunâtre, semblable à celle des silex mesviniens. Ces deux catégories d'instruments n'ont-elles pas été faites du même silex ?

« Remarquons maintenant que les gisements stratigraphiquement séparés des silex verdis, des silex mesviniens et des silex quaternaires de la région de Spiennes, permettent de constater que les formations géologiques renfermant les silex verdis et les silex mesviniens existaient longtemps avant l'enfouissement des silex quaternaires : la preuve de ce fait est que ces silex sont patinés par leur gangue, et que leur patine, ainsi que leur état, diffèrent notablement de ceux des silex mesviniens. L'état particulier à ceux-ci consiste en traces de frottements, de chocs, de triturations, dues peut-être à des cours d'eau à allures torrentielles, mais plus probablement aux actions glaciaires, qui se seraient

produites lors de l'extension des glaciers du Nord jusque dans notre pays; tandis que les arêtes de presque tous les silex quaternaires sont pour ainsi dire intactes et tranchantes, celles des silex mesviniens sont obtuses et ébréchées; de plus, les grandes dimensions de ces silex permettent d'en attribuer l'usage à une race d'hommes plus grande, plus forte et plus rude que celle des tailleurs des silex quaternaires; il est probable que ceux-ci possédaient déjà des rudiments d'industrie, car ils ont extrait les blocs du silex qu'ils employaient de la couche des *rabots*, laquelle est assez profondément engagée dans le crétacé; à ce sujet, il serait intéressant de savoir si aucune des galeries d'exploitation du silex de la région de Spiennes, n'a été creusée par les hommes qui ont confectionné l'outillage dit quaternaire.

« Quant à la patine des silex quaternaires, elle prouve qu'ils ont séjourné pendant fort longtemps dans leur gangue; en effet, les silex néolithiques ne sont guère patinés, à l'exception de ceux qui gisent dans la tourbe; mais, fait important, ceux qui ont été enfouis dans la partie superficielle des couches à silex quaternaires, ne portent que de faibles traces de leur enfouissement dans cette gangue; l'inférence basée sur la patine de ces silex est d'ailleurs confirmée par les différences si grandes qui existent entre les faunes de ces deux époques préhistoriques de l'Europe occidentale : ...

« Quant aux silex verdis, ils ne diffèrent pas seulement des silex mesviniens par la patine et l'exiguïté; leur état de conservation offre aussi des

caractères distinctifs ; en effet, les arêtes des silex verdis sont relativement bien conservées ; certes, elles ont perdu leur tranchant, par suite de la corrodation et de la décomposition de leur matière ; mais je n'y ai jamais trouvé les traces de frottements, de chocs et de triturations, qui caractérisent si bien la plupart des silex mesviniens ; l'état des arêtes des silex verdis permet d'inférer que ceux-ci ont été englobés dans un dépôt de sable opéré dans une eau relativement tranquille, c'est-à-dire dans des conditions d'enfouissement différentes de celles des silex mesviniens (1). »

Il est manifestement illogique de conclure à l'inexistence de l'homme lors de la formation d'une couche géologique quelconque, sous prétexte que des preuves matérielles de sa présence n'y ont pas encore été découvertes. La preuve négative n'est pas une preuve ; elle ne fait généralement qu'indiquer une lacune de documentation.

Les silex verdis de la base du landenien de la région de Spiennes sont jusqu'à présent, les plus anciens qu'on ait découverts dans cette région ; c'est tout ce qui avec certitude, puisse être inféré de cette trouvaille.

Avant de terminer mon essai, j'en reviens encore aux formations *primitives* et à la croyance à l'uniformité générale du climat jusqu'à l'époque carbonifère des géologues.

« Quand on cherche à apprécier la température

(1) CELS, *Ancienneté de l'homme*, pp. 35 et suiv.

de l'air ou des eaux à d'anciennes époques géologiques, c'est toujours par l'examen des êtres ayant vécu à cette époque et par leur comparaison avec des êtres actuels que l'on opère. On fait ainsi, tout d'abord, une constatation importante, c'est que, depuis le moment où nous trouvons des traces de vie sur la Terre, les températures maxima n'ont jamais dû être très-supérieures à celles que nous observons, puisque des êtres analogues ont pu vivre, c'est-à-dire qu'entre le précambrien et la fin du tertiaire où nous vivons, un refroidissement notable des zones chaudes du globe ne s'est jamais fait sentir : ce qui correspond avec cette observation importante que certains animaux, ou certaines formes vivantes, se sont perpétués sans modification du commencement à la fin de l'histoire géologique.

« Cependant cela ne veut pas dire que les climats terrestres soient restés toujours les mêmes et cette question du climat est, au contraire, une de celles, où l'on semble le mieux distinguer une transformation progressive, compliquée par des changements plus momentanés et soumise à des récurrences. Dans l'ensemble, il paraît bien établi que les climats ont commencé par être très uniformes d'un bout à l'autre de la Terre, sans différence sensible entre les pôles et l'équateur; la température équatoriale actuelle devait exister approximativement sur toute la superficie terrestre : ce que l'on a expliqué par un diamètre apparent du Soleil assez grand pour que les rayons aient pu arriver partout

parallèlement. » (Il me semble voir un sourire effleurer la douce et bienfaisante face de notre vieux Soleil!) « Peu à peu, les diverses portions de la Terre ont pris une individualité de plus en plus grande et les changements de la faune et de la flore y sont alors devenus de plus en plus indépendants les uns des autres (ce qui contribue à rendre très difficile la synchronisation précise des niveaux tertiaires). Chaque grand plissement montagneux a, en outre, déterminé un abaissement local de la température, qui a fait sentir son influence plus ou moins loin.

« L'un des meilleurs moyens pour mettre en évidence cette transformation progressive me paraît être — sans négliger les indices fournis par la flore — d'étudier spécialement, aux diverses époques, la distribution des organismes coralliens, qui sont à la fois très-caractéristiques d'un climat déterminé et très faciles à suivre dans les terrains géologiques.

« Nous verrons, en même temps, comment l'observation des phénomènes glaciaires aux divers âges apporte, par une autre voie, un utile enseignement.

« Les *réécifs coralliens* sont aujourd'hui localisés dans une zone tropicale, qui ne s'étend pas à plus de 30° des deux côtés de l'équateur. Les organismes coralliens ne peuvent vivre que dans une eau tiède et pure, à une température d'au moins 20° et à une profondeur moindre de 37 mètres. En admettant, comme c'est très-logique, qu'ils aient toujours exigé des limites de température à peu près semblables,

on se trouve très-précisément renseigné, par leur présence dans un terrain, sur les conditions où celui-ci s'est déposé.

« En ce qui concerne les premiers âges, leur présence générale ne fait que confirmer l'égalité de température, dont tous les autres procédés d'étude nous donnent, comme nous allons le voir, également la preuve. Tout d'abord, jusqu'à la fin de l'époque dévonienne (10), nous n'apercevons, d'un bout à l'autre de la Terre, aucune différence de faune, ni, par suite, de climat. Les espèces d'un même niveau, que l'on rencontre dans les zones arctiques, sont identiques à celles que l'on observe dans les zones équatoriales. Et sans doute cette conclusion trop absolue serait peut-être un peu atténuée, si nous connaissions mieux et plus abondamment, dans les régions boréales où se sont faits les premiers mouvements du sol, et où ceux-ci ont pu entraîner de premières inégalités de climats, les faunes primaires, si ordinairement détruites par le métamorphisme; il ne semble pas toutefois qu'elle puisse être infirmée. Etant donné que la fin de l'époque dévonienne a vu commencer le grand développement du monde végétal, avec la fixation du carbone auparavant répandu à l'état d'acide carbonique dans l'air, on est en droit de se demander si une atmosphère très-épaisse, très-chargée d'acide carbonique et de vapeur d'eau, ne contribuait pas antérieurement à envelopper la Terre d'un manteau de brouillard, où se diffusait également la chaleur solaire : ce qui concorde également avec le défaut

presque absolu d'animaux à respiration aérienne avant cette époque.

« La période carbonifère (11 à 13), où la végétation a pris soudain une si extraordinaire expansion, a été encore, en moyenne, une époque de remarquable uniformité climatique, puisque cette végétation est alors partout la même, de l'équateur au 74° degré de latitude, au Spitzberg, en Europe, dans les Indes Orientales, la Chine, l'Afrique Australe, l'Amérique du Nord et puisque des coraux carbonifères se retrouvent, par 82° de latitude, à la pointe Barrow, au Nord-Ouest de l'Amérique. Il s'est néanmoins produit alors, au moins localement, un changement sensible, que nous allons avoir à examiner, dans ces conditions climatiques; car c'est, comme nous le remarquerons bientôt, l'époque des premiers glaciers, que nous connaissons avec quelque certitude. » (Note au bas de la page 465. — « D'après M. Reusch, il y en aurait eu auparavant en Norvège) » (1).

Je constate simplement que la présence de glaciers, impliquant celle de montagnes, et généralement de tout ce que les glaciers impliquent, c'est-à-dire un état de choses similaire à l'état de choses actuel, semble peu et même point du tout compatible avec un climat équatorial s'étendant uniformément des pôles à l'équateur.

« Si la cause première des chutes de neige est la chaleur qui vaporise l'eau des océans, c'est surtout

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, pp. 463 et suiv.

le relief du sol qui détermine le passage de la vapeur à l'état solide. Partout ailleurs que dans les régions polaires, où la température s'abaisse assez pour permettre, en tout temps, la chute de la neige au niveau de la mer, la vapeur atmosphérique n'affecte normalement ce mode particulier de condensation qu'à la faveur du refroidissement déterminé par l'altitude des montagnes. Les inégalités du relief terrestre sont aussi nécessaires que le soleil au développement du phénomène des neiges. On peut donc dire que ce phénomène, avec toutes les conséquences géologiques qui en découlent, exige deux conditions fondamentales : d'une part, une chaleur suffisante pour déterminer une abondante évaporation dans les régions d'où les vents tirent leur origine ; d'autre part, l'existence de *condensateurs montagneux*, d'un relief et d'une amplitude tels qu'il en existe, soit par contact direct, soit par le travail mécanique de la dilatation de l'air, un refroidissement notable de l'air humide. Sans doute, la première condition est encore plus essentielle que la seconde ; car c'est sa réalisation qui fournit la matière même de la neige ; mais si la seconde n'était pas satisfaisante, le phénomène, localisé au voisinage immédiat des pôles, serait loin d'avoir l'ampleur et la généralité que nous allons être bientôt amené à lui reconnaître (1). »

De la *période carbonifère*, des géologues ont également fait « une époque de remarquable uniformité

(1) DE LAPPARENT, *Géologie*, 5^e édit., p. 265.

climatique, puisque cette végétation est alors partout la même » et que des coraux carbonifères se retrouvent par 82 degrés de latitude, à la pointe Barrow. Il me semble y avoir des raisons bien plus plausibles, de ne pas admettre le synchronisme de ces formations carbonifères, et d'inférer au contraire des susdits faits, l'existence à cette époque de climats aussi différents qu'ils le sont actuellement, et, en conséquence, des durées énormes séparant ces diverses formations à *fossiles dits carbonifères*, ayant actuellement assez de similitude au Spitzberg, en Europe, dans les Indes orientales, la Chine, l'Afrique australe, l'Amérique du Nord, ainsi qu'à la pointe Barrow, pour être crues contemporaines. D'ailleurs n'est-il pas évident que même en acceptant l'hypothèse de l'uniformité du climat et d'une égale distribution de chaleur, assez intense pour faire croître des plantes tropicales dans les susdites régions, la quantité de lumière, dont ces plantes auraient pu disposer dans les zones arctiques, en hiver, l'axe de la Terre étant supposé stable, aurait été d'une insuffisance manifeste; les conditions biologiques d'une flore tropicale y auraient donc été insuffisantes faute de lumière; en conséquence il est logique d'admettre que ces régions actuellement polaires étaient alors sous les tropiques.

Une erreur analogue n'est-elle pas à relever dans l'extrait suivant : « Une autre raison milite encore en faveur de l'uniformité du climat à l'époque Cambrienne. Les calcaires à *Archæocyathus* du Géorgien, qui ont dû se déposer partout dans des conditions

physiques identiques, se trouvent aussi bien sous les latitudes élevées que plus près de l'équateur. On les connaît actuellement dans le Nord de l'Ecosse, dans la Montagne Noire, dans le Sud de l'Espagne, en Sardaigne, en Sibérie, dans l'Australie du Sud, en Californie, au Labrador et peut-être dans l'Afrique du Sud-Ouest (1). »

Ces modifications de climat ne sont autres à mon avis, que migrations de milieux avec toutes leurs conditions de faune et de flore, dues aux lents et graduels déplacements des pôles, c'est-à-dire que là où nous trouvons des formations coralliennes fossiles, se sont successivement trouvées les zones équatoriales. Si la variation de l'axe terrestre est dépourvue d'importance en ce qui concerne nos événements historiques, à cause de la lenteur extrême de son mouvement, on constate au contraire qu'elle est prépondérante, lorsqu'il s'agit d'apprécier certains phénomènes géologiques, particulièrement ceux relatifs aux changements de climat, impliquant ceux des flores et des faunes successives des diverses régions terrestres. Je répète que les durées énormes quasi incommensurables à nos mesures du temps, qui séparent certaines formations géologiques, telles que des faunes et des flores similaires au Spitzberg et en Afrique, par exemple, sont loin d'être généralement appréciées actuellement; j'attribue cette méprise aux cosmogonies religieuses qui ont inconsidérément réduit

(1) HAUG, *Géologie*, p. 615.

la durée du Globe et même de l'Univers, rien que cela, à quelques milliers d'années! Pourquoi? Je me demande, d'autre part, si les distinctions et les classifications géologiques et paléontologiques, établies dans ces premiers âges, ces formations et ces formes primitives, ainsi de suite, sont compatibles avec cette trop surprenante uniformité climatique? Et cette uniformité générale ne déranger-t-elle pas complètement le Lamarckisme et le Darwinisme?

Le professeur de Launay écrit d'ailleurs lui-même à ce sujet : « De même encore pour certaines modifications des climats, pour des phénomènes, tels que les glaciers, dont on a dû reconnaître la trace dans des âges de plus en plus anciens; pour les apparitions mêmes des divers êtres sur la Terre, qui reculent dans le passé à mesure que la science progresse et dont les discontinuités trouvent peu à peu une explication, » etc. (1).

Dois-je répéter que cette uniformité de composition fossilifère, dont a été inférée l'uniformité du climat, est simplement due à la cristallisation et au métamorphisme, puisque partout les fossiles similaires ont résisté les derniers à l'anéantissement total. Dans un certain nombre d'années, lorsqu'il ne restera plus trace de ces derniers fossiles, qu'adviendra-t-il des théories dont les auteurs illusionnés par la preuve négative et fidèles au système de classification en époques géologiques et à la méthode

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 451.

d'observation que je critique? Ils devront soutenir qu'à l'époque où se déposaient ces terrains défossilisés, la vie n'existait pas encore sur le Globe. C'est précisément ce qui est arrivé et dont il faudra revenir : pas de théories exactes possibles si basées sur la preuve négative et imbues du préjugé de la création du Monde. Aussi je me plais à constater que le savant professeur de Launay hésite; il apprécie certainement la caducité des conclusions auxquelles les savants sont encore à peu près tous ralliés; n'écrit-il pas : « Mais, dès que le cambrien commence, la faune dite primordiale nous offre déjà des êtres singulièrement diversifiés et complexes : des brachiopodes, dont l'un, la lingule, s'est conservé sans changement jusqu'à aujourd'hui; des trilobites dont l'embryogénie accuse déjà une longue lignée d'ancêtres; des échinodermes; des spongiaires; etc. (1) » D'ailleurs M. de Launay enseigne que la cristallisation et le métamorphisme détruisent toute trace de fossiles; en cela il a incontestablement raison : mais alors, où donc sont les représentants de la faune dite *primordiale*!? Les savants qui prétendent « reconnaître dans l'état présent de notre planète, le dernier terme d'une suite de transformations, qui se sont déroulées à travers les âges et dont chacune a laissé des traces ineffaçables à la surface du globe ou dans ses profondeurs (2) » doivent le savoir! Mais non, ils l'igno-

(1) DE LAUNAY, L., *Histoire de la Terre*, p. 292.

(2) DE LAPPARENT, *Géologie*, p. 1.

rent, parce que la réalité n'est pas ce qu'ils la supposent être.

Examinée en détail, la surface du Globe décèle partout les traces de ses transformations successives; les sédiments anciens ou leurs témoins s'il en reste, permettent d'inférer que les eaux superficielles se déplacent lentement et continuellement, ayant comme phénomènes corrélatifs, érosion et transport, émergences et submersions, montagnes et vallées, plateaux et bas-fonds; plissements, fractures, cristallisations, métamorphisme, volcanisme; partout des ruines et des formations nouvelles, dont le moment initial a été vainement cherché jusqu'à ce jour, et ne sera probablement trouvé jamais... parce qu'il n'existe pas. N'est-il pas incontestablement évident, qu'après une durée suffisamment longue, il ne reste rien d'anciennes formations géologiques et biologiques, si ce n'est la matière qui a servi de base à les former, matière qui toujours participe à des combinaisons nouvelles de par la loi des éternelles transformations de la Nature infinie dans l'espace et dans le temps.

Est-il utile d'ajouter que je n'ai aucune raison d'admettre, tant s'en faut, « une transformation bien plus marquée et qui, celle-là, n'a pas subi de retour : c'est celle, qui a peu à peu créé, sur la Terre, les différences de climat actuelles, inconnues dans les premiers âges et déterminé, aux deux pôles, la formation de calottes glaciaires, alors qu'en remontant aux temps primaires, on semble, jusqu'à nouvel ordre, retrouver exactement les mêmes

êtres et, par suite, les mêmes conditions de vie, des zones polaires à l'équateur. Ce changement ne peut résulter, ni d'un refroidissement du Soleil, ni d'un déplacement dans l'axe terrestre, puisque l'une ou l'autre de ces causes impliquerait toujours des climats différents suivant les régions » (1).

N'ai-je pas démontré que ce changement n'existait pas? que les *premiers âges* n'ont pas existé davantage; que la vie n'est apparue sur la Terre à aucune époque de son histoire, qui se déroule avec *continuité* et non pas en *périodes successives* dont il est en conséquence illusoire de chercher à calculer la durée. « Mais, n'étaient les noms des savants qui les ont établis, ces chiffres ne mériteraient aucune attention : tant on a accumulé pour les obtenir d'in vraisemblables hypothèses (2). »

D'autre part, si l'hypothèse nébulaire était exacte, n'aurait-elle pas pour conséquence l'origine exclusivement matérielle de l'état de choses actuel de la Terre? Et la production ou l'anéantissement d'un astre n'auraient-ils pas pour conséquence la rupture de l'harmonie, indispensable à la gravitation universelle?

Certes la matière conçue dans son unité est infinie en étendue et en durée; il en résulte que le mouvement dans la plus large acception du mot, est perpétuel. La matière du Globe à l'intervention de son milieu, engendre le mouvement terrestre,

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 719.

(2) IDEM, *Ibid.*, p. 722.

dont tous les mouvements relatifs localisés se produisent et se répètent de façon mathématique, c'est-à-dire pouvant être prévus et calculés exactement avant leur production; le caractère propre à ces faits matériels étant de se manifester absolument, quand toutes conditions requises sont réunies.

N'en est-il pas tout autrement des faits sociaux? La science, la morale, l'art, le droit, le commerce, l'industrie, l'agriculture, l'élevage, ne se développent pas d'eux-mêmes comme des séries de phénomènes physiques, chimiques et mécaniques de matérialité pure; la vie sociale en ce qu'elle a d'élevé et de progressif ne se peut développer que si la société est éclairée, guidée et dirigée par des hommes supérieurs, savants et moralistes intègres et dévoués jusqu'au sacrifice d'eux-mêmes; leurs géniales conceptions sont parfois encore les facteurs du progrès, à la lumière desquelles nous recourrons de façon libre et indépendante, des milliers d'années après la mort de leurs auteurs. En conséquence j'estime que la soi-disant nébuleuse primitive aurait eu beau tourner sur elle-même et autour du Soleil, conformément aux lois de la mécanique céleste, en se refroidissant et en se condensant, jamais elle n'aurait pu engendrer l'humanité et la vie sociale; c'est pourquoi aussi je pense que la Terre est chose tout autre, qu'un globe exclusivement matériel, c'est un organisme sidéral qui évolue en conditionnant l'existence et la vie de la flore, de la faune et de l'humanité terrestres.

En ce qui concerne l'ancienneté de notre espèce,

ne serait-il pas illogique de conclure de ce que de plus anciennes traces de l'homme que mes silex verdis n'ont pas encore été découvertes, que nous n'existions pas antérieurement à l'époque de leur confection? « Ma conviction est que plus les recherches des traces de la présence de l'homme dans les couches géologiques se poursuivront et se perfectionneront, plus l'existence de l'espèce humaine sera reconnue dans un passé de plus en plus éloigné de l'époque actuelle; ... les découvertes de silex taillés n'en sont qu'à leurs débuts, ne l'oublions pas, et il n'est pas impossible, à mon avis, qu'elles ne s'arrêteront que là où toute trace de vie aura disparu de la croûte terrestre (1); »

Des brèches à silex et à ossements quaternaires de cavernes de notre région sont déjà transformées en conglomérat stalagmitique que l'on ne peut entamer que le pic et le marteau à la main. Il serait intéressant de pouvoir suivre les modifications subséquentes de conglomérats pareils dans des gisements analogues antérieurs à ceux de nos cavernes, afin de pouvoir se rendre compte de ce qu'y deviennent les silex taillés : subsisteraient-ils ou ne tarderaient-ils pas à être en quelque sorte digérés et absorbés par leur gangue de façon qu'il n'en reste rien, pas même la forme? C'est probable. D'autre part, dans la région de la Russie, où depuis l'époque dite *silurienne*, le sol a conservé sa

(1) CELS, *Mémoires de la Société d'anthropologie de Bruxelles*, t. XXII, IV, 1903-1904, p. 18.

composition originelle qui ne permet pas de le distinguer des formations plus modernes (1), il pourrait se trouver à la surface d'intéressants documents humains; cependant dans circonstances pareilles, il y a également peu d'illusion à avoir, puisque les silex quaternaires trouvés à la surface dans nos régions sont déjà profondément altérés (cacholong) et ne pourront plus résister longtemps à l'anéantissement final.

A moins de circonstances tout à fait exceptionnelles, la découverte de silex taillés dans les couches profondes est donc plus qu'improbable; il est vrai que la découverte indubitable de véritables argiles à blocs, de moraines de fond, de cailloux striés, y était plus improbable encore il y a quelques mois à peine (2)! Et les traces de ces phénomènes corrélatifs sont d'une ampleur telle que leur ensemble dénote non seulement l'existence de quelque glacier accidentel, mais celle d'une véritable glaciation polaire.

Eu égard à ces faits que reste-t-il des hypothèses relatives à l'origine et aux premiers âges du Monde, ainsi que de l'uniformité du climat des pôles à l'équateur, au moins jusqu'à la période carbonifère des géologues?

Par contre, cette glaciation n'est-elle pas preuve péremptoire de la continuité et de l'uniformité de l'évolution terrestre, du déplacement des pôles, de

(1) Voir p. 41.

(2) Voir HAUG, E., *Géologie*, p. 616.

la migration des climats, ainsi que des mouvements descendant des formations géologiques de la surface du sol d'une part, et d'autre part, ascendant des formations de ses profondeurs?

« Par définition, l'Archéen ne devrait renfermer que des éléments métamorphiques et éruptifs. Il semble bien qu'en Amérique il en soit ainsi, mais celui de Finlande comprend, d'après J.-J. Sederholm, une importante série de schistes, de quartzites et surtout de conglomérats, dont l'origine sédimentaire est tout à fait incontestable. Les conglomérats de Tammerfors, en particulier, malgré la cristallinité de leur ciment, ont tous les caractères d'un poudingue marin, dont les galets, parfaitement arrondis, composés de roches granitoïdes et porphyriques empruntées au substratum, possèdent la forme ellipsoïdale habituelle.

« D'autre part, il existe, dans tous les districts cambriens connus, un grand développement de roches éruptives indubitables. Ce sont ou des roches de profondeur intrusives, telles que les diabases; ou des roches d'épanchement, en dykes ou en nappes, telles que les porphyres quartzifères (rhyolithes) et les porphyrites (andésites), avec les tufs qui leur correspondent.

« Ces roches éruptives ont fréquemment subi un dynamométamorphisme intense : les tufs sont devenus schisteux, les diabases et les diorites ont été laminés et transformés en amphibolites.

« Toutefois, ce sont les roches métamorphiques, transformées par le métamorphisme régional, qui

jouent, dans les terrains archéens, le rôle de beaucoup le plus important. On y retrouve tous les termes des séries cristallophylliennes qui ont été décrits antérieurement, depuis les schistes sériciteux et chloriteux, jusqu'aux gneiss granitoïdes, en passant par les gneiss gris, les gneiss rubanés et les gneiss œillés les plus variés.

« Les micaschistes ont quelquefois conservé leur stratification primitive. Ainsi Sederholm a signalé, dans le Sud-Ouest de la Finlande, des micaschistes à stratification entrecroisée, dont l'origine détritique ne peut être contestée. »

.....

« Enfin, les roches intrusives se trouvent en abondance, et nous possédons des preuves nombreuses de l'existence de volcans archéens, sous la forme de produits d'épanchement et de projections. Mais la distribution de ces volcans et leurs relations avec les plissements nous échappent encore entièrement. »

.....

« L'existence de restes organiques dans les couches algonkiennes ne peut plus faire aujourd'hui aucun doute. La nature de certains sédiments indique à elle seule l'existence d'organismes dans les mers de l'époque. Sans parler des calcaires, qui sont probablement zoogènes, on ne peut guère attribuer aux intercalations de lits de charbon, dans certains schistes, d'autre origine que celle de la houille dans les terrains plus récents. »

.....

« Il eût été téméraire, il y a quelques mois à peine, de vouloir essayer de se faire une idée quelconque du climat de l'époque Algonkienne; mais une découverte toute récente est venue jeter un jour inattendu sur cette question.

« Un examen approfondi des conglomérats de base du Huronien inférieur dans l'Ontario (Canada), et en particulier aux environs de Cobalt, a permis à A. P. Coleman de les assimiler à une argile à blocs, à une véritable moraine de fond durcie. Les blocs de ce conglomérat présentent souvent deux ou plusieurs faces aplanies, couvertes de stries parallèles, disposées suivant plusieurs directions qui se coupent. Ce sont des granites, des gneiss, des schistes verts, des roches éruptives, empruntées au Laurentien et au Keewatin sous-jacent. Le ciment qui les unit est identique, comme composition et comme aspect, à celui des argiles à blocs ou *tillites* connus dans l'Afrique Australe sous le nom de conglomérat de Dwyka, dont l'origine glaciaire n'est plus sérieusement contestée. Le substratum des *tillites* de Cobalt ne présente toutefois aucune trace du polissage que l'on observe souvent à la surface des roches qui supportent de la moraine de fond.

« Des conglomérats huroniens possédant les mêmes particularités ont été trouvés dans l'Ontario, sur toute l'étendue de la région qui est limitée au sud par le lac Supérieur, depuis le lac des Bois, à l'ouest, jusqu'au lac Temiscaming, à l'est, c'est-à-dire sur une longueur de plus d'un millier de kilo-

mètres. Des formations analogues semblent exister dans le Minnesota et dans le Michigan. Leur extension est donc tout à fait comparable à celle des dépôts glaciaires de l'époque Anthracolithique et de l'époque Quaternaire. Il serait difficile d'attribuer leur origine à une cause autre que le phénomène glaciaire. L'intensité des plissements archéens et l'accumulation énorme de formations détritiques à l'Algonkien rendent très plausible l'existence de reliefs qui ont dû considérablement faciliter l'établissement de grandes calottes glaciaires; mais la présence de glaciers implique de plus, pour le début de l'époque Algonkienne, un climat plus rigoureux que celui de l'époque actuelle. La rareté des formations calcaires dans les séries algonkiennes de tous les pays est parfaitement en accord avec cette conclusion.

« Il convient d'ajouter que divers auteurs ont également affirmé l'existence de dépôts glaciaires algonkiens au Spitzberg et au Cap, mais l'âge antécambrien des formations en question est loin d'être établi avec certitude (1). »

Ces moraines, cette glaciation, ces matières volcanisées, ces montagnes, ces mers, ces sédiments des couches archéennes soi-disant primitives, ne sont-ce pas traces indubitables de phénomènes géologiques similaires à ceux d'aujourd'hui; n'est-il pas rationnel d'inférer de ces traces que le dyna-

(1) HAUG, E., *Traité de géologie*, pp. 567, 576, 577 et 584. Ouvrage en cours.

misme terrestre, ainsi que l'état général du Globe, étaient lors de la formation de ces couches dites *primitives*, ce qu'ils sont actuellement, c'est-à-dire que l'état de choses actuel de la Terre est semblable à ce qu'il était alors; cela équivaut à conclure à l'unité et à l'uniformité de l'évolution terrestre; et de l'unité de l'évolution terrestre dans le temps, malgré des accidents tectoniques nombreux mais localisés sur le Globe, j'infère que le Soleil, notre chronomètre actuel, réglant les jours, les saisons et la distribution des climats, réglait de même ceux du passé.

Le déplacement de l'axe terrestre n'a-t-il pas pour conséquence générale le déplacement graduel des zones terrestres torride, tempérées et glaciales; ce déplacement mathématiquement réglé par la gravitation universelle, exerce une influence générale sur l'état et l'activité du Globe, principalement en ce qui concerne l'évolution géologique et climatique de sa surface, d'où les emplacements successivement occupés par les embranchements de la flore, de la faune et de l'humanité. La migration des zones terrestres permet donc d'expliquer logiquement l'existence de fossiles, d'anciens sols et de formations géologiques des différents climats, sur toute la surface et dans les profondeurs de la Terre; aussi, la croyance à l'uniformité d'un climat équatorial uniformément étendu d'un pôle à l'autre, me semble être une des grosses erreurs de la géologie moderne.

Le déplacement de l'axe terrestre règle donc de

façon générale et régulière ce que j'ai désigné sous le nom de *migration des milieux* (1).

Ces migrations sont accidentées par les modifications localisées de la distribution des terres et des mers, des montagnes, des plateaux, des plaines, des cours d'eau, tous phénomènes directement dus aux mouvements orogéniques du sol, auxquels se rattachent naturellement les transgressions et les régressions marines.

Ces migrations localisées de plantes, d'animaux et d'hommes sont dues à des causes géologiques localisées à la surface et dans le sous-sol; c'est pourquoi je m'en suis occupé au chapitre III : *Transport de la matière terrestre*; tandis que les déplacements des zones terrestres sont conséquences des mouvements réguliers des pôles, dus à la gravitation universelle; ceux-ci se rattachent comme conséquences à la dynamique universelle; les autres, par contre, sont phénomènes dus à l'évolution individuelle de la Terre.

Dans la dernière citation du professeur Haug, je dois relever l'affirmation relative au climat; si ce savant a voulu dire que le climat de certaines régions était à l'époque en question, plus rigoureux que leur climat actuel, ce qui s'explique aisément si l'on accepte leur plus proche voisinage d'un pôle à cette époque qu'actuellement, je l'admets, mais s'il n'a pas entendu localiser ce climat rigoureux, voire même l'étendre uniformément à tout le

(1) Voir CELS, *Science de l'homme*, p. 85.

Globe, alors il s'est mis dans la position fâcheuse des savants qui dans leurs inférences ne tiennent aucun compte des limites de l'observation (1).

Quand le monde savant, géologues, paléontologistes et anthropologues spécialement, seront-ils définitivement convaincus des dangers et des déceptions des *preuves négatives*, ainsi que de la non-observance des limites de l'observation?

La *preuve négative* n'est qu'une bien faible présomption, encore le plus souvent illusoire, inférée, soit d'un principe hypothétique, soit de certaines concordances, corrélations ou coexistences supposées impossibles ou inconciliables de certains faits. Ne voit-on point conclure à l'impossibilité de l'existence de l'homme antérieurement à l'époque quaternaire, parce que d'après les idées de certains savants, il n'a pu apparaître que plus tard sur le Globe, conformément à la loi de l'évolution des êtres selon Darwin; ou bien, n'infère-t-on pas la non-existence des vertébrés à telle époque, de ce qu'on s'imagine en connaître la faune complète, dont les conditions biologiques excluraient la possibilité de l'existence du vertébré?

Et ainsi l'on raisonne sans même tenir compte de la localisation des flores, des faunes et des climats dans l'espace et dans le temps. Admettons même que la coexistence de certaines espèces ait été impossible à l'époque tertiaire ou à toute autre

(1) Voir TIBERGHEN, G., ENSEIGNEMENT ET PHILOSOPHIE. IV. *L'observation, son rôle et ses limites dans la science*, Bruxelles, 1873, p. 119.

époque des géologues, dans l'Europe occidentale, en résulte-t-il que la même impossibilité existait partout ailleurs sur le Globe à cette époque? Non, évidemment.

Quelques-uns des savants dont je critique les procédés méthodiques ont même été plus avant dans cette voie décevante. Sans nul souci de méthode scientifique, des anthropologistes, documentés de quelques crânes quaternaires plus ou moins authentiques, découverts dans l'Europe occidentale, n'ont pas hésité à confectionner des races humaines d'après les indices céphaliques différents de ces crânes : races de Neanderthal, de Canstadt, de Spy, de Cro-Magnon, de Furfooz, etc. A peu près autant de races que de crânes!

Ces fallacieuses théories résultant de la généralisation inconsidérée de faits particuliers, donnent à croire que leurs auteurs ne se doutaient même pas de la probabilité de l'existence de milieux différents de celui de l'Europe occidentale à l'époque quaternaire et occupés par d'autres races humaines, d'une culture bien supérieure à celle de nos misérables tailleurs de silex (1).

Est-ce que les savants qui jugent et qui raisonnent ainsi, n'ont pas quitté trop tôt l'école de la méthode scientifique et même celle de la plus élémentaire logique, voire du bon sens?

La preuve négative n'est même qu'une trom-

(1) Voir DE MORTILLET, G., LE PRÉHISTORIQUE, 2^e édit., Paris, 1885. *Conclusions générales*, p. 627.

peuse apparence de preuve ; dans certains cas elle indique seulement que le document probant fait encore défaut, mais nullement que ce document n'existe pas, et moins encore qu'il n'a jamais existé.

Dans la confection des cartes paléo-géographiques, le danger de la preuve négative n'est pas moins à redouter : « Même en dehors de la perfection plus ou moins grande qu'ont pu atteindre nos observations géologiques, on doit remarquer que, plus la carte représente une période ancienne, plus nous sommes conduits, par la méthode même employée, à y exagérer la place des continents. En effet, là où nous n'avons pas la trace du passage de la mer sous la forme d'un sédiment, ou encore là où d'autres considérations ne nous amènent pas à supposer que ce sédiment a été détruit par l'érosion, dans l'ignorance nous ne pouvons que nous abstenir de marquer la teinte de la mer. Or, les sédiments très anciens ont été, pour une part considérable, entièrement érodés et supprimés, pour une autre bonne part rendus méconnaissables par le métamorphisme, qui en a éliminé les traces d'organismes. On ne saurait, ainsi que je le dirai plus loin, attacher trop d'importance à ces deux phénomènes de l'érosion et du métamorphisme. Mais, tout en étant certains que nous n'avons pas noté assez d'étendues marines sur nos cartes, comme nous ne saurions pas où ajouter les mers qui font défaut, nous ne sommes pas en mesure de rendre nos cartes plus précises (1). »

(1) DE LAUNAY, L., *la Science géologique*, p. 252.

La critique que j'ai faite (1) et de la méthode suivie par les paléo-géographes, et de la valeur plus qu'hypothétique des résultats de leurs travaux, surtout lorsqu'il s'agit d'étages géologiques relativement anciens, ne s'en trouve-t-elle pas amplement justifiée?

Voici me semble-t-il un excellent exemple des perplexités qui résultent d'un excès de confiance donné à la preuve négative et d'un manquement à l'importance à accorder aux limites de l'observation. « Tels sont les faits qui résultent de l'étude des faunes marines. La découverte de formations glaciaires, à la base des dépôts cambriens, dans trois régions différentes, est d'autant plus inattendue, plus contraire, à toutes les idées courantes. Il s'agit, dans les trois cas, de véritables argiles à blocs durcis, de moraines de fond indubitables. L'origine glaciaire des cailloux striés qu'elles renferment, à en juger par les figures qui en ont été données, ne peut guère être mise en doute. L'âge cambrien de ces formations glaciaires pourrait être contesté, au moins en ce qui concerne celles de Norvège, qui sont connues depuis 1891. En effet, le système de Gaisa, à la base duquel se trouvent les conglomérats glaciaires, a été tour à tour assimilé à l'Algonkien, au Cambrien et au Permien, sans que la découverte de fossiles soit venue apporter des arguments décisifs en faveur de l'une ou l'autre de ces attributions. Il n'en est pas de même

(1) Voir pp. 11 et suiv.

pour ce qui concerne la détermination d'âge des couches qui surmontent immédiatement les conglomérats glaciaires du Yang-tsé et qui renferment des fossiles cambriens indiscutables. L'antériorité des argiles à blocs de l'Australie du Sud au Cambrien inférieur est non moins certaine. Tout au plus pourrait-on, dans les deux cas, attribuer les formations glaciaires à l'Algonkien, mais leur concordance avec des dépôts cambriens indiscutables rend leur âge cambrien beaucoup plus vraisemblable.

« On a également attribué l'âge cambrien à des conglomérats glaciaires qui occupent la base de la série de Simla, en Inde, et qui sont plus anciens que ceux de la période Anthracolithique, dont il sera question plus loin. Mais aucune donnée paléontologique ne vient confirmer cette assimilation.

« Est-on en droit de conclure à un climat rigoureux dans certaines régions du Globe au début du Cambrien? ou doit-on expliquer la présence de glaciers dans ces régions par la grande altitude des montagnes édifiées à la suite des mouvements orogéniques de la fin de la période Algonkienne? Ce sont là des questions auxquelles l'état actuel de nos connaissances ne permet pas de répondre.

« Cependant l'absence totale, au Cambrien, des Tétracoralliaires, des Tabulés, des Stromatoporidés, qui deviennent abondants au Silurien, la rareté des organismes à sécrétion calcaire abondante et la porosité du squelette des Archæocyathidés per-

mettent peut-être de conclure à une température relativement basse des mers cambriennes (1). »

Si je ne voulais rester fidèle au programme que je me suis tracé, je répéterais que l'homme a toujours existé, parce qu'en remontant l'échelle des humains on constate que les enfants proviennent inéluctablement de parents. Mais cette vérité est trop simple et trop évidente en elle-même pour pouvoir convaincre Lamarkistes et Darwinistes (2).

D'ailleurs tant que subsistera le préjugé de la croyance à un commencement du Monde, dogme accepté par croyants et savants, une vérité aussi simple et à mon avis aussi certaine que celle enseignée par Pythagore ne pourra être acceptée. J'estime que la science de la Terre telle qu'elle est actuellement enseignée nécessite des réformes radicales, en ce qu'elle est basée sur des interprétations de faits et de principes dont beaucoup sont controuvés.

Sans doute, l'intégrité scientifique de beaucoup de savants géologues, paléontologistes, anthropologues, est garante de leur bonne foi; ils ont constaté, vérifié et interprété avec conscience, soutenus qu'ils étaient par la conviction de se vouer à une noble tâche, la recherche de la vérité; je me plais à rendre hommage à la grandeur des sentiments de tous et au génie de quelques-uns d'entre eux.

(1) HAUG, *Géologie*, p. 616.

(2) Voir CEIS, *Science de l'homme*, pp. 35-39.

Sans doute, les connaissances relatives à la nature et à l'histoire de la Terre, ainsi qu'aux êtres qui l'occupent, ont été les résultats de recherches effectuées avec le souci de l'exactitude; mais, ne l'ont-elles pas été sous la domination d'une hypothèse, celle de la croyance imperturbable à un commencement de l'état de choses actuel, que savants et croyants proclament?

Sans doute, les constatations ont été soigneusement notées et minutieusement contrôlées; mais, s'est-on toujours assez bien défendu d'avoir constaté les faits au moyen de méthodes d'observation tenant strictement compte des limites qu'espace et temps fixent à la portée de leurs résultats, c'est-à-dire de la localisation de nombre de ces faits, des circonstances spéciales de temps et de lieu de chacun d'eux, et ensuite de les avoir interprétés avec une logique impeccable?

Sans doute, les couches géologiques ont été classées en ères, périodes, époques, systèmes, étages, etc. Mais, ne s'imagine-t-on pas erronément qu'elles sont ainsi classées selon l'âge de leur formation, alors qu'en réalité elles ne le sont que selon leur constitution géologique et leur composition fossili-fère actuelles; celles-ci ne sont-elles pas dues aux transformations que ces couches ont subies et subissent encore; certaines d'entre elles soumises à un intense métamorphisme ne peuvent-elles pas être de date récente, alors que la plupart des géologues prétendent faire remonter les gneiss et les micaschistes à l'origine de la solidification du

Globe? Les cristaux déformés et les inclusions contenues dans certaines formations dites primaires, ne démontrent-ils pas à toute évidence l'existence de formations antérieures qui furent altérées et remaniées? Les sensationnelles découvertes des professeurs Sederholm, Coleman et autres ne prouvent-elles pas l'uniformité de l'évolution géologique de la matière terrestre, du moins aussi loin dans le passé qu'il a été jusqu'à présent possible de le constater par observation et inférence; et de cette uniformité ne résulte-t-il pas que les diverses couches géologiques n'ont pas d'âge déterminé et ne peuvent en conséquence être subdivisées en ères, en périodes et en époques?

Afin de faire apprécier jusqu'à l'évidence, la réalité des transformations ininterrompues de la composition et de la structure de la croûte terrestre, transformations auxquelles, eu égard à l'état actuel de la science géologique, il y a lieu d'attacher une importance capitale, j'ajouterai encore ici quelques considérations péremptoires puisées dans le remarquable *Traité de géologie* du savant et érudit professeur Haug : « Il faut distinguer le sédiment originel de la roche sédimentaire modifiée, qui a subi, postérieurement à son dépôt, une série de transformations physiques et chimiques sous l'influence de la pression ou sous l'action des agents atmosphériques. Les principales de ces transformations sont le développement de la schistosité, la cimentation des éléments, la dissolution de cer-

taines parties constituantes, leur oxydation, leur hydratation, etc... (1) ».

« Il résulte des faits exposés dans le chapitre précédent que le phénomène de sédimentation peut être envisagé comme une précipitation mécanique ou chimique de particules solides au fond des eaux. Les roches sédimentaires diffèrent des sédiments actuels par une foule de caractères résultant de transformations bien postérieures à la sédimentation, souvent très-récentes et dues à l'action sur des sédiments des agents dynamiques internes ou externes. Ces transformations seront étudiées plus tard, mais il en est d'autres qui ont pour théâtre le fond même des eaux et qui se produisent immédiatement après la précipitation; elles sont d'ordre chimique et peuvent avoir lieu avec l'intervention ou sans l'intervention des microorganismes Il est nécessaire de définir quelques-uns de ces phénomènes :

« Dissolution. — ...

« Recristallisation des éléments dissous. — ...

« Formation des concrétions. — ...

« Dolomitisation. — ...

« Décomposition des silicates. — ...

« Décomposition de la matière animale. — ...

« Réduction des sulfates. — ...

« En résumé, le fond de la mer et des lacs est le théâtre de phénomènes chimiques qui peuvent modifier complètement la nature des sédiments

(1) HAUG, *Géologie*, p. 95.

immédiatement après leur dépôt. Dans beaucoup de ces phénomènes nous avons vu intervenir la décomposition de la matière vivante accumulée au fond des eaux après la mort des animaux. Les accumulations de végétaux donnent lieu elles aussi à des phénomènes de décomposition, dont le terme final est la formation d'un sédiment spécial d'origine organique utilisé comme combustible minéral. Mais l'exposé de ces faits mérite un chapitre spécial (1). »

« Dès 1797, Hutton reconnaissait que certaines roches, constituées principalement ou exclusivement par des éléments cristallins, ne sont autre chose que des roches sédimentaires transformées par l'action de la chaleur et de la pression. Ch. Lyell leur donnait en 1825 le nom de *roches métamorphiques* et appelait *métamorphisme* l'ensemble des phénomènes qui avaient donné lieu à leur transformation.

« *Caractères généraux des roches métamorphiques et principaux types.* — Comme les roches sédimentaires, les roches métamorphiques sont généralement stratifiées; elles sont plus ou moins cristallines et l'on observe souvent tous les passages entre les roches entièrement composées d'éléments cristallisés et celles qui n'en renferment qu'une certaine proportion, puis entre celles-ci et des roches sédimentaires intactes. En général, dans une succession de roches métamorphiques, les

(1) HAUG, *Géologie*, pp. 112-126.

roches les plus métamorphisées se trouvent à la base de la série et l'on passe graduellement vers le haut à des roches moins métamorphiques, pour passer insensiblement à des roches sédimentaires intactes, qui occupent le sommet de la succession. Dans certains cas, on observe cependant des alternances répétées de roches métamorphiques et de roches sédimentaires non transformées.

« Les séries métamorphiques sont souvent appelées *schistes cristallins* ou *formations cristallophylliennes*, à cause de la prédominance du caractère schisteux des strates et malgré la présence fréquente d'intercalations calcaires, dolomitiques ou quartzieuses, où la stratification disparaît d'une manière plus ou moins complète. On envisageait autrefois les terrains cristallophylliens comme les terrains les plus anciennement formés à la surface du Globe et on leur donnait, pour cette raison, le nom de *terrain primitif*. On sait aujourd'hui qu'ils sont le résultat du métamorphisme de terrains sédimentaires d'âges très-divers, surtout paléozoïques, mais quelquefois mésozoïques, comme par exemple en Californie, peut-être même cénozoïques.

« Il ne saurait y avoir aucun doute à cet égard. On a, en effet, observé fréquemment dans des schistes cristallins des intercalations de véritables conglomérats, composés de galets roulés empruntés à des terrains plus anciens, sédimentaires, éruptifs ou métamorphiques. De tels conglomérats ont été signalés en Suède (Törnebohm) et en Norvège (H. Reusch); à Obermittweida en Saxe (Sauer); en

Finlande (Sederholm); dans les Alpes occidentales (Golliez, Termier); à Cannes (Potier), etc...

« De grandes lentilles calcaires sont souvent intercalées au milieu de la série cristallophyllienne; elles ne diffèrent que par la présence de minéraux spéciaux d'intercalations de même genre que l'on rencontre dans les schistes fossilifères de la série Paléozoïque.

« Les schistes cristallins alternent souvent avec des schistes argileux, calcaires ou carburés, ou avec des grès dont l'origine sédimentaire est incontestable.

« Enfin, on a même découvert, au milieu de schistes extrêmement cristallins, des fossiles plus ou moins bien conservés (Norvège, Valais).

« D'autre part, les séries cristallophylliennes passent souvent d'une manière tout à fait insensible vers le haut à des dépôts dont le caractère sédimentaire n'est pas douteux. La cristallinité augmente graduellement à mesure que l'on descend dans la série.

« Les schistes les moins modifiés, qui se trouvent d'ordinaire au sommet d'une série métamorphique, diffèrent des schistes purement sédimentaires et formés exclusivement d'éléments détritiques (quartz, feldspath, mica, ciment argileux) par la présence de petites lamelles cristallines de chlorite ou de séricite extrêmement abondantes, surtout sur les feuillets des schistes, auxquels elles donnent un aspect satiné. Ce sont les *chloritoschistes* et les *schistes à séricite* (« talcschistes » des anciens auteurs). Lors-

que les schistes sont très-calcaires, il s'y développe des cristaux de grenat (*schistes grenatifères*).

« Les calcaires prennent un aspect cristallin, les fossiles disparaissent ou deviennent méconnaissables, il se forme dans toute leur masse une grande quantité de cristaux d'albite, presque toujours microscopiques. Charles Lory a observé cette albitisation sur de nombreux calcaires triasiques, liasiques ou même tertiaires des Alpes françaises. Souvent encore les calcaires deviennent grenatifères.

« Si l'on s'éloigne davantage des sédiments non métamorphisés, on constate que les schistes deviennent très riches en mica, dont les feuillettes entremêlés forment des lits continus, parallèles aux strates primitives. Les débris de quartz s'arrondissent et se nourrissent, le ciment argileux disparaît, de même que les autres éléments détritiques. La roche, entièrement cristalline, prend le nom de *micaschiste*. Localement se développent des cristaux de silicates d'alumine, andalousite, disthène, staurotide (*schistes à andalousite, schistes maclifères, etc...*). D'autres fois, le mica est remplacé par de l'amphibole hornblende ou par de l'actinote; on est alors en présence de *schistes à amphibole*, ou, lorsque l'amphibole est tout à fait prédominante, d'*amphibolites*.

« A une plus grande distance encore des schistes non métamorphisés, des cristaux de feldspath orthose ou oligoclase viennent s'adjoindre aux éléments des micaschistes, de manière à constituer

une roche connue sous le nom de *gneiss*. Le mica y forme généralement des lits continus, par quoi se manifeste la schistosité. Les grains de quartz et les cristaux de feldspath sont quelquefois mélangés sans ordre, mais très souvent le feldspath forme également des lits réguliers, dans lesquels les cristaux, orientés dans un même plan, peuvent présenter, sur une section perpendiculaire au plan de schistosité, une disposition en chapelet, les autres éléments venant se mouler autour de chacun d'eux. On appelle ces gneiss *gneiss rubanés* ou *gneiss œillés*. Les gneiss présentent des variétés nombreuses, que l'on trouvera décrites dans les traités de Pétrographie. Ils sont riches en éléments accessoires. Ils admettent fréquemment, comme les mica-schistes, des intercalations d'amphibolites en lits réguliers ou de calcaires en grandes masses lenticulaires. Ces calcaires sont très cristallins et renferment en grand nombre des cristaux de grenat ou de mica, ils reçoivent alors le nom de *cipolins*.

« Dans les *gneiss granitoïdes* la schistosité s'atténue considérablement et ne se traduit plus que par l'orientation uniforme des micas, qui ne constituent plus de lits continus. Il existe une série de passages insensibles entre les gneiss granitoïdes et les vrais granites. Le *granite* est formé des mêmes éléments caractéristiques que le gneiss. Plusieurs auteurs l'envisagent, probablement avec raison, comme le terme ultime du métaphormisme, et il convient peut-être d'attribuer la même origine aux

roches granitoïdes basiques, à la *syénite*, à la *diorite*, au *gabbro*, etc.

« Dans les granites, tous les minéraux composants sont à gros grains, visibles à l'œil nu, assez généralement développés dans tous les sens, sauf parfois de grands cristaux d'orthose, qui prêtent à la roche une fausse apparence porphyroïde. Il y a absence totale de pâte et *a fortiori* de restant vitreux, mais on peut néanmoins distinguer assez nettement deux temps de consolidation successifs : 1° des cristaux plus anciens, en partie brisés ou corrodés, d'apatite, zircon, sphène, de biotide, de bisilicates, d'oligoclase, d'orthose ; 2° une nouvelle poussée cristalline servant de ciment aux éléments précédents et généralement composée d'orthose et de quartz, parfois associés au mica blanc. Les granites sont donc caractérisés par l'état *xénomorphe* des éléments de seconde consolidation.

« Dans les *granulites*, par contre, ces éléments sont en partie *automorphes* : le quartz y adopte le plus souvent des formes indépendantes, bipyramidées. Le mica blanc y prédomine et l'on y rencontre fréquemment aussi de la tourmaline.

« Dans les *pegmatites*, finalement, le quartz et le feldspath ont cristallisé simultanément, produisant une structure dite graphique.

« Il est probable du reste que les granulites et les pegmatites ont une origine toute différente de celles des vrais granites.

« Dans les roches granitoïdes acides le quartz et le mica blanc sont, en général, les derniers éléments

cristallisés. Certains auteurs supposent que le quartz pourrait avoir été développé par voie secondaire, à très basse température, après formation d'un magma principalement feldspathique.

« Les roches granitoïdes basiques sont dépourvues de quartz, les feldspaths tricliniques y remplacent l'orthose et les éléments noirs sont constitués par du mica noir, de la hornblende, de l'augite, des pyroxènes rhombiques (1). »

« En somme, comme nous le disions plus haut, le métamorphisme se réduit à l'action des minéralisateurs, facilitée par des pressions et des températures élevées. Les principaux minéralisateurs semblent être les suivants : la silice, l'eau, les alcalis (et autres bases : magnésie, oxyde de fer, etc.), principes capables de former le quartz, les feldspaths; puis l'acide borique et des composés fluorés et chlorés, qui ont dû intervenir dans la formation de la tourmaline et des micas.

« Tandis que les sédiments amenés par le jeu des géosynclinaux aux plus grandes profondeurs sont sans doute entièrement fondus et transformés en un magma igné, ceux qui atteignent des isogéothermes correspondant à des températures moins élevées sont complètement imprégnés par des minéralisateurs, agissant sous pression et à une température qui atteignait probablement encore plusieurs centaines de degrés. L'origine de ces

(1) HAUG, *Géologie*, pp. 172 et suiv.

minéralisateurs doit être probablement cherchée dans les masses fluides sous-jacentes.

« Les couches les plus fortement imprégnées sont transformées, suivant leur nature, en granite ou en roches granitoïdes basiques. Plus haut l'imprégnation des schistes a lieu lit par lit et le développement des feldspaths crée des gneiss, tandis que les calcaires deviennent cristallins et se chargent de silicates calciques. Plus haut encore, les vapeurs minéralisantes traversent les strates par filtration et développent dans leur masse une cristallinité générale et localement des amas lenticulaires de roches cristallines non stratifiées.

« Souvent l'action des eaux d'infiltration superficielle vient modifier la composition des minéraux formés par le métamorphisme général, ou encore le passage de roches volcaniques détermine une cuisson locale, ou, enfin, c'est l'action mécanique des mouvements orogéniques qui vient se surajouter à celle des agents du métamorphisme. Il est souvent difficile de faire la part des modifications qui sont imputables à chacune de ces causes; nous nous efforcerons, dans des chapitres ultérieurs, de définir les divers agents qui viennent quelquefois masquer le jeu normal du métamorphisme (1). »

Sans doute, des cartes ont été dressées, faisant passer sous les yeux les transformations successives de la surface du Globe d'époque en époque, depuis un état gazeux primitif — *aérostat sans enve-*

(1) HAUG, *Géologie*, p. 190.

loppe; mais, pour ce faire n'a-t-on pas erronément conclu à la contemporanéité des formations géologiques de leurs similitudes et analogies actuelles? En synchronisant ainsi les couches de nos jours relativement identiques, n'a-t-on pas constitué des étages et des horizons géologiques tout à fait arbitraires, parce que composés de couches à niveaux originellement discordants?

Sans doute, Lamarckistes et Darwinistes s'efforcent d'expliquer l'échelle des filiations des plantes, des animaux et même de l'homme, tous êtres qu'ils assurent provenir par une série de transformations graduelles dues à l'influence du milieu, à la manière de vivre, à la sélection, ainsi de suite, d'une mystérieuse cellule vivante primitive; mais, comme ces conclusions, qui cependant ont séduit tant d'esprits éminents, partent d'un principe des plus hypothétiques : le dogme de la création du Monde ou d'un commencement quelconque de l'état de choses actuel; que de plus, cet axiome à priori a été compliqué de corollaires non moins hypothétiques : croyance à la stabilité de certaines formations géologiques des profondeurs du sol, depuis les débuts de l'histoire de la Terre, c'est-à-dire depuis la consolidation d'une croûte primitive qui aurait uniformément servi de base à toutes les formations géologiques subséquentes, d'une part, et, d'autre part, conviction que les êtres vivants évoluent d'une espèce à l'autre, depuis une souche primitive commune jusqu'aux animaux actuels, jusqu'à l'homme, bref, de la valeur plus que problématique

de ces prémisses, ne résulte-t-il pas incontestablement que les conclusions en sont entachées de graves erreurs?

Pour n'avoir pas été au fond des choses, soit égarément involontaire, soit de dessein prémédité, l'immense majorité des savants occupés de sciences relatives à notre Globe, ont complètement perdu de vue la géniale conception de Pythagore au sujet de l'éternité du Monde, conception cependant reprise et développée par J. Hutton. « Le trait caractéristique de la théorie Huttonienne consistait, » écrit Lyell (1), « ... dans l'exclusion de toutes les causes que l'on supposait comme étant en dehors de l'ordre actuel de la Nature. » La théorie de Lyell lui-même, dite des *causes actuelles*, justifie et renforce les appréciations de Hutton. « A mon sens, la véritable interprétation des faits géologiques et paléontologiques actuellement constatés, n'est donc pas due aux savants qui admettent la fluidité originelle de la Terre et la stabilité de sa constitution actuelle; plus acceptable me paraît la croyance à son évolution continue et à l'uniformité de formation des roches (2). »

Mais, d'autre part, si l'Univers est un tissu sidéral vivant dont les astres sont en quelque sorte les cellules, leur formation n'est pas plus impossible que celle des cellules de nos tissus (3).

(1) LYELL, CH., *Principes de géologie*, t. I^{er}, p. 97.

(2) CELS, A., *Ancienneté de l'homme*, p. 25.

(3) Voir CELS, A., *Science de l'homme*, pp. 10 et suiv. et pp. 36 et suiv.

Tout bien considéré, une chose me paraît incontestable c'est que le problème de l'origine de la Terre n'est pas encore suffisamment élucidé pour permettre une solution catégorique dès maintenant.

Je termine en reconnaissant que la croyance à un commencement de la Terre et de la vie à sa surface est encore généralement admise par les hommes de science ; mais, je constate que les dates géologiques de leur apparition sont de plus en plus reculées dans le passé, à mesure que de nouvelles découvertes géologiques, paléontologiques et anthropologiques sont faites, et même qu'une interprétation plus exacte des faits actuellement connus est obtenue.

Sans hésitation je reconnais également que de grosses difficultés résultent encore de la composition fossilifère de certaines formations, mais, les savants de l'avenir dégagés de tout préjugé, viendront à bout des difficultés que leurs prédécesseurs n'ont su vaincre entièrement.

Incontestablement il y a lieu de se réjouir des progrès scientifiques déjà réalisés dans cette voie, depuis que l'illustre Schmerling, vers 1830, démontrait la contemporanéité de l'homme, du mammoth, du lion, de l'ours, de l'hyène, à l'époque quaternaire, dans le pays de Liège, et ce aux ricanements de ses contemporains savants, parmi lesquels j'ai le regret de compter Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1)

(1) Voir *Comptes-rendus de l'Académie des sciences de Paris*, 1838, t. VII, p. 13.

et Ch. Lyell (1); encore ces savants éminents s'étaient-ils rendus à Liège, mais n'avaient su apprécier la valeur et l'interprétation des documents du perspicace et savant Schmerling. Ajoutons à l'honneur de Lyell, qu'il retourna à Liège en 1860 et qu'il reconnut loyalement la méprise qu'il avait commise en 1833.

Quoi qu'il en soit de l'évolution géologique de la Terre, je ne vois que les traces de ce qu'elle était hier et les indices de ce qu'elle sera demain; or, parmi ces traces je cherche vainement celle d'un commencement, et parmi ces indices, je n'en entrevois aucun de la fin de notre petit Monde.

(1) Voir LYELL, CH., *L'Ancienneté de l'homme prouvée par la géologie*, trad. par Chaper, Paris, 1864, pp. 70 et suiv.

FIN



LIBRAIRIE J. LEBÈGUE & C^{ie}, ÉDITEURS

46, RUE DE LA MADELEINE, BRUXELLES .

DU MÊME AUTEUR :

- Science de l'homme et méthode anthropologique.
In-8° (1903) Broché. 7 50
Ancienneté de l'homme. In-8° (1905) Broché. 2 00
-

Ont paru dans *Bulletin et Mémoires de la Société
d'anthropologie de Bruxelles* :

- Considérations sur la taille du silex, telle qu'elle était
pratiquée à Spiennes, à l'âge de la pierre polie.
(En collaboration avec M. L. DEPAUW.) 1885. T. IV, p. 246.
- Essai d'une classification des instruments quater-
naires de silex et considérations préliminaires sur
l'existence de l'homme à l'époque tertiaire dans les
environs de Spiennes. 1887. T. VI, p. 156.
- Considérations complémentaires relatives aux silex
mesviniens. T. VIII, p. 51.
- Un atelier à Spiennes. Poterie néolithique. Poterie
paléolithique. T. VIII, p. 114.
- Sur une note de M. Prestwich, relative à des instru-
ments de silex. T. VIII, p. 189.
- Considérations complémentaires sur la classification
des instruments quaternaires en pierre. T. IX, p. 123.
- Considérations sur les meules préhistoriques. T. XI,
p. 76.
- Considérations sur les procédés de la taille du silex
par les Indiens de l'Amérique du Nord. T. XI, p. 117.
- Schmerling. Contribution à l'histoire du préhistorique
en Belgique. (En collaboration avec M. le Dr V. JACQUES.)
T. XV, p. 86.
- Note sur des silex taillés découverts sur la plage de
Knocke (Belgique). T. XVI.
- Considérations rétrospectives relatives à l'homme ter-
tiaire de Spiennes (Belgique). 1903-1904. T. XXII, p. 17.