

ESSAI
DE
GÉOLOGIE
DESCRIPTIVE ET HISTORIQUE.

PROLÉGOMÈNES
ET
PÉRIODE PRIMAIRE;
PAR HENRI REBOUL,
CORRESPONDANT DE L'INSTITUT.

Quomodo interrogabis terram,
Et dicet tibi?
ESDRAS, l. II, c. IV.



PARIS,
F. G. LEVRAULT, LIBRAIRE,
RUE DE LA HARPE, n° 81,
ET A STRASBOURG, RUE DES JUIFS, N° 33.

DON

1835.

F. L. 119



ESSAI
DE GÉOLOGIE

Descriptive et Historique.

LIVRE PREMIER.

—
PROLÉGOMÈNES.



—
CHAPITRE PREMIER.

—
INTRODUCTION.

L'HISTOIRE de la terre est l'objet et la fin des observations géologiques.

La géologie descriptive est une géographie perfectionnée.

Pour arriver à l'histoire, il faut comparer, analyser et induire.

La géologie comparée et inductive est appelée géognosie, connaissance de la terre.

La géographie physique décrit la superficie des terrains et des mers; la géognosie pénètre dans leur épaisseur et en étudie la structure. L'induction analytique ouvre à la Synthèse le chemin de l'histoire.

La géologie historique (1) qui n'est rien sans le secours de la géognosie, a pourtant seule occupé les esprits pendant les siècles passés. Telle est la marche de l'esprit humain. Les élans de l'imagination ont toujours précédé les travaux de la raison et de l'expérience.

La science des terrains peut être représentée par un seul syllogisme dont la géographie physique et la géognosie fournissent les prémisses, et dont la conséquence répond à l'histoire.

Cette science est incomplète, si l'induction n'ajoute rien au travail de l'observation; elle est vaine et menteuse, si l'observation est inexacte, si l'induction est anticipée ou fautive.

Je me suis proposé dans cet essai de tracer le tableau des faits qu'embrasse la géologie, en les considérant dans leurs rapports avec

(1) On l'appelle géogonic, géogénie et géogénésie.

les lois physiques, et avec l'ordre des temps.

Dans les traités de géognosie les plus récents, on a procédé selon la méthode analytique en allant du connu à l'inconnu, et de l'examen des terrains nouveaux à celui des anciens (1). J'ai cru la science assez avancée pour suivre l'ordre synthétique, et enchaîner les faits historiquement.

La somme des connaissances acquises est déjà si considérable que le besoin de les coordonner se fait sentir de toutes parts, et que les écrits les plus spécialement consacrés à l'observation viennent tous aboutir à des considérations historiques.

Ce n'est pas une analyse nouvelle des phénomènes, que j'offre au public; mais une histoire de la terre que j'essaie de reconstruire avec les immenses matériaux qui manquaient à nos devanciers.

Si je suis contraint de suivre un système, c'est-à-dire, d'adopter un ordre de succession

(1) Les premiers traités de géognosie publiés en France, ceux de MM. d'Aubuisson et de Humboldt, sont écrits selon la méthode historique. Depuis, MM. Brongniart et d'Omalius ont suivi la méthode inverse.

pour les phénomènes, ce système est celui de plusieurs, non le mien.

Je n'imite point le travail de l'araignée qui consiste, comme l'a dit Bacon, à tirer de son propre fonds la matière de ses tissus (1).

On m'accusera peut-être d'avoir voulu faire revivre quelques opinions surannées. Je ne cherche point à m'excuser sur mon âge. J'ai renoncé sans peine aux vieilles opinions qui ont été renversées par l'observation, sans abandonner celles que j'ai cru se confirmer par les épreuves de la contradiction et du temps (2).

Arrivé près du terme de ma carrière, et voulant me rendre compte des résultats d'une étude de plus de quarante années, je dis encore avec Horace :

Nec tardum opperior nec præcedentibus insto.

(1) *Non ex araneorum more telas ex se efficere.*

BACO.

(2) Je viens de reconnaître dans les trop courtes observations de M. Conybeare récemment publiées par M. Boué, (Mémoires géologiques et paléontologiques), un choix de principes et de doctrines à-peu-près le même que celui adopté dans cet écrit. Je m'honore et me sens rassuré de cette conformité.

CHAPITRE II.

Du rapport de la terre à l'univers.

LA terre n'est point, comme on l'a cru généralement dans des temps d'ignorance, et comme le croient encore des peuples entiers, le point central, et, en quelque sorte, le noyau du monde. Elle n'occupe dans l'espace aucun point de remarque, et son rapport à l'univers nous est nécessairement inconnu.

Le globe terrestre appartient à un système de corps planétaires, dont un seul (Jupiter) est 1440 fois plus volumineux que lui. Tous ces corps tournent comme lui sur eux-mêmes et autour du soleil, dont la masse est à celle de la terre comme 354936 est à 1, et le volume comme 1328460 est à 1 (1).

Ce système solaire auquel il est subordonné, tout immense qu'il nous paraît, n'est pourtant qu'une fraction de l'univers si petite qu'on ne peut l'apprécier.

Les premières considérations géologiques ont

(1) Voyez le tableau de l'annuaire du bureau des longitudes. 1833.

été fondées sur une fausse opinion de notre importance. L'imagination de l'homme qui s'est flattée d'aggrandir les objets en les rapportant à lui-même, n'a fait que les rapetisser.

C'est l'analyse qui les a remis à leur mesure et leur a rendu toute la grandeur assignée par les lois divines.

La terre est une chose finie. Nous connaissons sa forme, son étendue, son volume, sa densité moyenne et sa masse. Nous savons qu'elle n'est qu'une partie infiniment petite de cet univers, dont les limites échappent à nos observations et même à notre pensée.

On peut déterminer le rapport d'un grain de sable à la masse terrestre, mais non celui de cette masse à l'universalité des mondes.

Il ne nous est pas plus permis de concevoir une idée limitée de l'univers, que de l'espace et du temps.

Le raisonnement ne peut nous enseigner ce que c'est que l'infini, parce que l'essence de l'infini est de n'être comparable qu'à lui-même.

L'impuissance de l'esprit humain a fait placer dans le domaine de la théologie la solution des questions de cette espèce.

Notre destinée est de chercher dans les dogmes ce qui est inaccessible à nos inductions.

Cette région inaccessible à la raison est le domaine légitime du dogme. Ce domaine n'est donc point illimité, et rien n'est au-dessus de la raison dans les connaissances qui sont du ressort de la raison.

Les attaques dirigées contre la raison au nom du dogme, ne proviennent en réalité que de l'ignorance.

Les doctrines géologiques les plus absurdes ont exercé et exercent encore un grand empire sur les esprits, sous la protection usurpée du dogme.

Cette pratique était bien autrement familière au temps où vivait Bacon, qui a pourtant osé dire, il y a plus de deux siècles, que l'apothéose des erreurs était la peste de l'esprit humain (1).

CHAPITRE III.

De l'origine et de l'antiquité du globe terrestre.

ARISTOTE se vantait d'avoir affirmé le premier l'éternité du monde. Avant moi, disait-il,

(1) *Pessima enim res est errorum apotheosis et pro peste intellectus habenda est, si vanis accedat veneratio.*

BACO, *nov. org. aph.* 65.

on croyait généralement que le monde avait été produit (1).

Les doctrines, soit dogmatiques, soit philosophiques du panthéisme sont pourtant bien antérieures au temps d'Aristote ; et la pensée humaine, dans ses méditations sur l'origine des êtres, est toujours arrivée à cette conception d'un être seul nécessaire, seul infini et à-la-fois unique et universel.

L'idée de l'univers considéré dans son infinité est donc comprise dans celle de Dieu. L'infini n'a point d'origine. Il n'en est pas de même du globe terrestre qui est un objet fini, et dont l'origine, au moins quant à sa forme, doit nous paraître déterminable. Peut-être ignorerons-nous toujours quand et comment il a commencé ; mais nous savons qu'il a dû commencer, parce que sa place étant limitée dans l'espace, elle l'est aussi dans le temps. Ce qui est fini naît de l'infini et sa destinée est d'y rentrer.

Deux classes d'hommes, les philosophes et les prophètes, se sont flattés de parvenir à la notion de l'origine des choses et de leur essence ; les uns par la méditation et l'investigation ;

(1) Aristote, *de mundo*.

les autres par l'inspiration et les révélations.

Les tentatives des philosophes, diverses et nombreuses dans les premiers âges de la civilisation, sont devenues plus rares et moins hasardées à mesure que les sciences d'observation ont fait plus de progrès. Les clartés de l'histoire monumentale ont effacé les fausses lueurs des visions mythiques.

J'ai cru devoir épargner au lecteur le fastidieux récit de tant de rêveries géogoniques qui ont précédé la nouvelle science justement appelée géognosie, et qui l'ont plutôt retardée que secondée.

CHAPITRE IV.

De la forme de la terre.

LA forme de la terre est imparfaitement sphérique. Tous les rayons qui vont du centre à la superficie ne sont point égaux. Ce globe est aplati aux pôles et renflé à l'équateur. On peut le considérer, sauf les inégalités de sa superficie, comme un ellipsoïde de révolution autour de son petit diamètre ou axe polaire.

Cette forme de la terre ne se trouve indiquée dans aucune des anciennes cosmogonies. Ni les inspirations prophétiques, ni les inventions des poètes ne se sont élevées jusqu'à cette conception, qui devait naître de l'observation et du calcul.

Le récit des travaux scientifiques qui ont fait connaître la figure de la terre, n'est pas du ressort de la géologie; il doit nous suffire d'en consigner ici les résultats.

La théorie des forces centrales avait fait présumer à Huyghens que l'axe polaire était moins long que le diamètre équatorial de $\frac{1}{578}$. Newton ayant introduit de nouveaux élémens dans son calcul, évalua cette différence à $\frac{1}{150}$. Clairaut fut celui des géomètres qui jugea le mieux la question. Sa théorie le conduisit à trouver dans le diamètre de l'équateur un excédent de $\frac{1}{305}$ sur celui des pôles.

Cette détermination est à-peu-près conforme au résultat moyen des diverses mesures géodésiques qui ont été faites depuis lors, sur divers points de la surface terrestre, et surtout de celles dont l'exactitude est le moins contestée.

Elle se rapproche encore davantage de l'évaluation déduite par Laplace des observations relatives aux inégalités lunaires.

L'applatissage vers les pôles est, d'après ses calculs, $\frac{1}{505}$, comme l'avait indiqué Clairaut. Celui qui résulte de la comparaison des mesures géodésiques ne serait que de $\frac{1}{510}$ (1).

Plus récemment le capitaine Sabine a déduit de ses observations un applatissage de $\frac{1}{588}$ (2).

Ainsi on peut se faire une idée à-peu-près exacte de la forme du globe terrestre, en le considérant comme un sphéroïde aplati aux pôles et renflé à l'équateur, de telle manière que la différence entre les axes soit environ de $\frac{1}{500}$.

L'examen des dimensions de ce globe nous fera connaître jusqu'à quel point la régularité de sa forme se trouve altérée par les inégalités de sa superficie.

CHAPITRE V.

Des dimensions du globe terrestre.

Si on prend pour mesure commune la lieue

(1) Mémoires sur la rotation de la terre, lu à l'académie des sciences le 18 mai 1818.

(2) Revue britannique, t. II, pag. 255.

géographique de France de 25 au degré, la longueur de l'axe ou diamètre polaire est de 2860,8 de ces lieues ; le diamètre équatorial est de 2870 ; la différence est de 9 lieues et deux dixièmes (1).

L'appplatissement du sphéroïde est pour chaque hémisphère la moitié de cette différence.

M. d'Aubuisson a réuni dans la table qui suit les déterminations des principales dimensions de l'ellipsoïde terrestre évaluée en mètres (2).

(1) Voici le rapport des mesures itinéraires les plus usitées avec le degré du méridien.

Lieue géographique de France,	1/25
Lieue marine,	1/20
Mille d'Angleterre et d'Italie,	1/60
Mille d'Allemagne,	} 1/15
Lieue d'Espagne et de Hollande,	
Mille de Suède,	1/12
Mille de Hongrie,	1/10
Werste de Russie,	1/90

(2) Rayon de l'équateur,	6,376,851 mètres.
Demi axe terrestre,	6,355,943
Différence ou appplatissement,	20,908
Rayon à 45° de latitude,	6,366,407
Degré à cette latitude,	111,115
Surface du sphéroïde,	5,098,857 myr. car.
Volume,	1,082,634,000 myr. cub.

Traité de géographie de M. d'Aubuisson, t. I, p. 25.

On voit par ces dimensions combien les inégalités de la superficie sont peu apparentes relativement à la masse totale.

La plus grande hauteur connue, celle d'un des sommets de l'Imalaya aux sources du Gange, est d'environ 7800 mètres au-dessus du niveau de la mer; si on double cette quantité, en supposant à-peu-près pareille la plus grande profondeur des cavités sous-marines, l'inégalité sera d'environ 15000 mètres ou de la 850.^{me} partie du diamètre de la terre.

Qu'on se figure maintenant sur un globe de six pieds de diamètre, une aspérité d'une ligne d'épaisseur, ou sur un globe d'un pied, une aspérité d'un sixième de ligne, on se fera une idée assez exacte de la relation qui existe entre la masse terrestre et les plus grandes inégalités de sa superficie.

CHAPITRE VI.

De la densité du globe terrestre.

L'ÉTUDE des phénomènes astronomiques et notamment les calculs relatifs à la précession

des équinoxes et à la nutation du sphéroïde terrestre, ont enseigné aux géomètres que la densité des couches concentriques, dont sa masse est composée, allait en diminuant du centre à la superficie. Laplace a d'ailleurs fait remarquer que si cette masse a été fluide, ses parties ont dû prendre leur équilibre autour du centre selon l'ordre de leurs densités.

La densité moyenne du globe que Laplace a déduite de ses calculs, ne s'élève pas au-dessus de cinq fois celle de l'eau (1).

Markeline, Playfair et Cavendish ont cherché à la déterminer par des observations directes : les deux premiers en comparant la force attractive de la terre à celle d'une montagne isolée ; l'autre en comparant cette force à la puissance attractive d'une sphère solide de plomb.

Ces moyens ingénieux, mais capables seulement de conduire à une approximation, ont donné des résultats dont l'accord est assez satisfaisant. Les calculs de Markeline corrigés par Playfair établissent la densité moyenne à 4,7 ; ceux de Cavendish la portent à 5,48 ;

(1) Mém. sur la figure de la terre. *Ann. de chimie et de phys.* pag. 318, t. VIII.

ainsi elle peut être évaluée d'après ces premières notions à cinq fois celle de l'eau, c'est-à-dire à deux ou trois fois celle des terrains de l'enveloppe pierreuse qui forme la superficie terrestre (1).

Laplace a vu dans ce phénomène de la densité moyenne de la terre et de la moindre densité de la couche aqueuse qui est à sa superficie, une preuve nouvelle de sa fluidité originaire, en vertu de laquelle les couches les plus denses ont dû se porter vers le centre (2).

Le professeur Leslie, en considérant la loi des densités croissantes de l'air, de l'eau, et même des marbres, en raison de la compression qu'ils peuvent subir, a jugé qu'aucun de ces corps ni autres analogues ne pouvaient former le noyau du globe, puisque à la profondeur de 153 $\frac{1}{4}$ mille anglais, l'air serait aussi pesant que le mercure, et que l'eau moins compressible atteindrait aussi ce degré de densité à la profondeur de 362 $\frac{1}{2}$

(1) Newton avait pressenti ce résultat sans le calculer. *Uranographie de France*, pag. 171.

(2) Mém. sur la rotation de la terre. *Ann. de chim. et de phys.* t. VIII, pag. 56.

milles; ce qui ne fait pas même la 10.^{me} partie du rayon terrestre (1).

Cet auteur en conclut que la couche terrestre enveloppe une immense cavité, et que celle-ci ne peut être occupée par le fluide lumineux, seul capable par son extrême élasticité de contre-balancer la force compressive des matières terreuses et atmosphériques.

Mais, outre que cette hypothèse ne peut être vérifiée par aucun moyen analytique, peut-être suffirait-il de recourir à la chaleur centrale dont l'intensité va croissant de la circonférence au centre, pour trouver le moyen que la nature emploie à compenser et modifier les effets de la force comprimante.

CHAPITRE VII.

De la fluidité originare du globe terrestre.

LA forme de la terre n'est point due au hasard, et la cause dont elle dérive n'a point été inaccessible aux recherches de l'esprit humain.

La découverte de cette cause est un des

(1) Bulletin de géologie de Férussac, mai 1830, p. 194.

plus beaux résultats de la synthèse. Son principe est celui de la gravitation universelle, loi fondamentale du système des mondes.

La forme normale de la terre est justement ce qu'elle aurait été, si cette planète roulant sur elle-même, s'était trouvée à l'état liquide.

Non, seulement sa rondeur sphéroïdale, mais aussi son excentricité et les dimensions respectives de ses axes polaire et équatorial se trouvent exactement dans la proportion prescrite par le rapport de sa masse supposée fluide avec la vitesse connue de son mouvement de rotation (1).

La fluidité originaire du globe terrestre est ainsi mise en évidence *a priori*. L'aplatissement de la terre à ses pôles, a dit le célèbre Haüy, est un fait géologique et le premier de tous (2).

La forme des autres planètes déterminée par l'observation, n'est pas moins conforme aux indications que fournit le calcul, d'après le rapport de leurs masses à la vitesse du mou-

(1) L'induction, dit Bacon, est convertie en démonstration quand elle est confirmée par le calcul. *Optime enim cedit inquisitio naturalis quando physicum terminatur in mathematico.* BACO, *nov. org.*

(2) Traité de minéralogie, t. II, pag. 228.

vement de rotation, en supposant qu'elles ont été fluides.

Cette démonstration de la fluidité originale du globe n'est pas nouvelle; les argumens de Buffon l'avaient bien établie. Mais ceux qu'il employa pour prouver aussi ce fait *a posteriori*, étaient loin d'avoir le même degré d'évidence. Ils furent combattus par plusieurs, notamment par Romé de Lisle, et la question a paru pendant quelque temps indécise.

Elle doit maintenant cesser de l'être, puisque les preuves analytiques viennent de jour en jour confirmer celles de la synthèse, et rendre plus sensible la concordance de tous les phénomènes géologiques avec ce même principe qui a déterminé la forme originale du sphéroïde.

Playfair a cherché à démontrer par une argumentation fort subtile, qu'il suffirait qu'une planète originairement solide et ayant une forme beaucoup moins régulière que celle de la terre, fut en partie recouverte d'eau, pour qu'à la suite d'une longue alternative de destructions et de rénovations, elle acquit la même forme que lui aurait donné la fluidité (1).

(1) Explication de la théorie, 1^{re} part., pag. 228.

Mais, outre que ces alternatives de destructions et de rénovations sont gratuitement supposées, et qu'il est fort douteux que tous les corps planétaires aient une mer, il est évident que si ces corps avaient été à leur origine, les uns cubiques, les autres cylindriques, ou pyramidaux, la conformité actuelle de leurs figures serait inexplicable.

On ne peut admettre que tous se sont trouvés à la fois à l'état de sphéroïdes, même très-dissimilaires en excentricité, sans supposer que leurs parties ont eu assez de mobilité pour obéir aux lois de la gravitation, génératrices de cette forme.

La terre est manifestement un sphéroïde de révolution dont la figure normale ou statique a été altérée par les effets du feu et de l'eau, et non un polyèdre irrégulier, ramené par les mêmes effets à la figure sphéroïdale.

Si les molécules dont se compose l'anneau de Saturne, n'avaient été mobiles originairement, comment auraient-ils pris cette figure annulaire où ils ont été maintenus par une vitesse de rotation capable de contre-balancer leur tendance à se précipiter vers le centre de la planète (1)?

(1) Les inductions théoriques ont fait évaluer par

CHAPITRE VIII.

Que cette fluidité a été ignée.

JE pourrais me dispenser d'examiner si la fluidité du globe a été aqueuse ou ignée, attendu que l'hypothèse de la fluidité aqueuse est maintenant à-peu-près abandonnée.

Cette hypothèse est insuffisante autant que superflue. Elle ne rend point raison de la liquéfaction ou dissolution des roches primitives dont se compose l'écorce consolidée du globe terrestre.

On ne peut la concilier même imparfaitement avec les phénomènes, qu'en y joignant l'appui d'une forte chaleur inhérente à ce globe, indépendamment de l'action solaire. Mais cette chaleur qui aurait rendu très-active la force dissolvante des eaux pendant les temps anciens, n'est plus qu'une conséquence tardive

Laplace cette vitesse à une révolution diurne de 10 h. $\frac{1}{4}$, et plus tard les observations d'Herschell ont confirmé cette détermination.

Explic. de la théor. 1^{re} part., pag. 417.

de l'état de fusion, qui aurait précédé le refroidissement chronique de la masse terrestre.

On ne peut admettre cette chaleur manifestement décroissante, sans rechercher la cause de cette chaleur et de ce décroissement.

Les premiers hommes des temps modernes, Descartes, Leibnitz, Newton avaient deviné ce fait primitif de la fusion originaire du globe terrestre. On voit avec regret le judicieux Cuvier confondre ces aperçus du génie avec les rêveries (1) cosmologiques des contemporains.

L'évaluation de la densité du globe terrestre, qu'on sait maintenant égale à-peu-près à cinq fois celle de l'eau, nous fournit une preuve directe de la chaleur excessive de la masse centrale de notre planète.

(1) Le grand Leibnitz même, a dit Cuvier, s'amusa comme Descartes à faire de la terre un soleil éteint, un globe vitrifié, sur lequel les vapeurs étant retombées lors de son refroidissement, formèrent les mers. *Disc. prélim. Des recherches sur les ossemens fossiles*, pag. 22.

Ces amusemens de Descartes et de Leibnitz étaient des anticipations conçues par le génie encore mal informé, d'une doctrine fondamentale d'où dérivent tous les phénomènes géologiques.

Il suffit pour s'en convaincre de rappeler ici les calculs de Leslie énoncés au chapitre VI, sur l'accroissement rapide qu'éprouverait la densité des corps soit fluides, soit solides, à de grandes profondeurs, si les effets de la compression atmosphérique et marine n'étaient contenus et balancés par la force de dilatation et d'expansion, provenant de l'immense foyer qui occupe le noyau du sphéroïde terrestre, autrefois entièrement liquifié.

« La densité des mers inférieure à celle des terrains, a dit l'illustre Laplace, est une suite de la fluidité primitive de la terre, et cette considération jointe à celle de la régularité des couches terrestres, prouvée par les expériences du pendule, indique avec une grande probabilité qu'en vertu d'une chaleur excessive, toutes les parties de la terre ont été primitivement fluides (1). »

Je craindrais d'affaiblir l'autorité de ces lignes, en y joignant les miennes.

(1) Mémoires sur la rotation de la terre. *Ann. de phys. et de chim.*, t. VIII, pag. 56.

CHAPITRE IX.

*De la confirmation de cette doctrine par
les argumens a posteriori.*

LA conséquence la plus immédiate de la fluidité originaire du globe terrestre, est que ce globe, d'abord liquifié et maintenant consolidé à sa superficie par le refroidissement, a dû conserver dans son intérieur une haute température et une chaleur toujours croissante de la circonférence au centre.

On ne pouvait vérifier ce fait qu'en appréciant avec rigueur quelle est l'influence du foyer solaire sur notre planète.

La chaleur de sa superficie n'a de rapport sensible qu'avec l'action du soleil. Les observations de la température interne ont prouvé au contraire que les effets de cette action ne pénètrent dans la terre qu'à une profondeur peu considérable.

Pour connaître les lois de la distribution terrestre, on a déterminé par de longues séries d'observations, la température moyenne de

chaque lieu, en prenant le terme moyen de celles observées à des époques extrêmes et comparatives.

Il est résulté de cette comparaison que la température moyenne sur l'équateur au bord de la mer, est d'environ $+ 28^{\circ}$, et que celle du cap nord, à 71° de latitude boréale, est au-dessous du 0° (1).

En prolongeant jusqu'au pôle, d'après les données fournies par l'observation, cette série décroissante des températures, on a trouvé pour la moyenne de ce point extrême en Europe $- 18^{\circ}$. Si au contraire on prend pour élémens du calcul les observations faites dans des terres de l'Amérique Septentrionale, cette température moyenne est réduite à $- 32^{\circ}$. On peut donc la fixer approximativement à $- 25^{\circ}$.

M. de Humboldt a suivi dans tous ses détails et toutes ses applications, l'étude de ces décroissemens de la chaleur sur la surface terrestre (2). Il y a reconnu un grand nom-

(1) Suivant la détermination de M. de Humboldt, (mémoire sur les lignes isothermes, ann. de chimie et de physique t. 5, p. 104). Suivant le tableau publié plus récemment par M. d'Aubuisson, elle est de $- 2. 1^{\circ}$. *Traité de géognosie*, t. I, p. 444.

(2) Ann. de ch. et de phys., t. XXVII, pag. 425.

bre d'inégalités dont les lois restent à découvrir. Il a fait voir que l'abaissement de température n'était pas toujours en relation avec la latitude des lieux, et que la ligne ou courbe isotherme par laquelle on peut se représenter la contiguïté des températures moyennes, est bien distincte de celles qu'il appelle isocheimènes ou isothères, lesquelles représentent la série des températures égales d'hiver et d'été à diverses latitudes.

Le rapport de la température moyenne des lieux avec leur hauteur relative, avait déjà été étudié par Saussure, au voisinage des Alpes. Une ascension de 160 mètres lui avait paru correspondre à un degré du thermomètre. M. de Humboldt a vu aux Cordillères cette diminution correspondre à une ascension de 230 à 250 mètres. Les accidens locaux exercent une grande influence sur de telles observations. Ainsi on peut considérer comme une détermination suffisamment approximative, le rapport de décroissement d'un degré du thermomètre avec une élévation de 100 toises ou 200 mètres au-dessus du niveau de la mer (1).

(1) Sous le rapport de la diminution de la chaleur moyenne, une élévation de 100 mètres au-dessus du

Les variations de température qui sont dues à la succession des saisons, deviennent moins sensibles à mesure qu'on se rapproche du centre de la terre. Elles cessent tout-à-fait dès qu'on est parvenu à une profondeur de quelques mètres, qui n'est pas la même dans toutes les latitudes; mais partout la température devient constante à la profondeur requise; et ce degré correspond à-peu-près au terme moyen des températures observées à la surface pendant le courant de l'année.

La chaleur solaire pénètre et s'accumule dans la couche extérieure du globe avec une telle lenteur, qu'après les observations de Saussure, aux approches du point où cesse la variation, le *maximum* de température ne se fait sentir qu'au plus fort de l'hiver. La limite des variations diurnes se trouve à une profondeur dix-neuf fois moindre que celle des variations annuelles (1).

Il est donc manifeste que dans les profondeurs du globe terrestre, inférieures au point où la température moyenne de la surface se

niveau de la mer, équivaut à-peu-près à un avancement d'un degré de latitude vers le pôle.

D'Aubuisson, *traité de géognosie* t. I, pag. 449.

(1) Ann. de chimie et de phys. t. VXII, pag. 146.

trouve constante, tous les phénomènes calorifiques qui peuvent se manifester n'ont plus aucune relation avec le chaleur solaire. Or, ces phénomènes sont très-remarquables.

Gensanne paraît être le premier qui ait observé une augmentation sensible et progressive de température dans les profondes excavations des mines des Vosges. Les puits et les galeries des Salines de Bex ont offert le même résultat à Saussure. M. d'Aubuisson et ensuite M. de Trebra, ont constaté ce fait aux mines de Freyberg, et il a été depuis confirmé par l'accord de toutes les observations analogues faites en Europe et en Amérique.

L'examen thermométrique des sources et des courans d'eau souterrains qui nous sont révélés par le sondage des puits artésiens, en a fourni de nouvelles preuves.

M. Cordier (1) a résumé toutes ces observations dont il a soumis les résultats à une critique très-rigoureuse, et en a déduit ces faits généraux : 1^o que l'augmentation de chaleur souterraine relativement à la profondeur des lieux, ne suit pas la même loi dans toutes les régions ; qu'elle peut être double ou même

(1) Ann. des mines, Série 3, t. II.

triple d'un pays à l'autre ; 2^o que ces différences ne sont point en rapport avec les latitudes et les longitudes ; 3^o que l'accroissement d'un degré de chaleur n'exige dans quelques contrées qu'une descente de 13 mètres, mais que le terme moyen correspond à 25 mètres.

On a opposé pendant quelques temps à ces observations celles qui ont eu pour objet l'examen des températures du fonds de la mer ; celles-ci ont indiqué un décroissement de chaleur si rapide qu'on a pu croire la mer glacée au fonds de ses abîmes même sous l'équateur.

Mais il a été depuis reconnu que cette anomalie n'était qu'apparente, et que ces apparences provenaient de ce que la mer étant fluide, ses couches doivent être distribuées selon l'ordre de leurs pesanteurs spécifiques.

Dans les lacs Alpins, la température des eaux profondes se rapproche plus ou moins de $+ 4^{\circ}$ qui est celui de l'eau pure, arrivée à son *maximum* de densité. Le *maximum* pour l'eau salée est probablement à un degré inférieur, peut-être même au-dessous de 0° (1).

(1) Dans la séance de l'académie des sciences du 9 juillet 1832, M. Arago a annoncé un travail de M. Desprès sur ce sujet.

Il n'y aurait donc rien de contraire à la théorie du feu central, si les sondages des mers équatoriales indiquaient une température voisine de celle de la glace, dans les courans que leur pesanteur spécifique fait incessamment descendre des mers polaires vers les régions de l'équateur.

Dans la méditerranée, Saussure a trouvé à 850 pieds de profondeur, auprès du Cap de Portofino, et à 1800 pieds aux environs de Nice, une température de $+ 10^{\circ} 6$, du thermomètre octogésimal (1), celle de la surface étant à $+ 16^{\circ}$, dans l'une et l'autre expérience. Ce résultat est peu éloigné de celui de la température moyenne des terres voisines du lieu de l'observation.

La masse des eaux de la méditerranée est trop isolée pour que les courans des mers polaires puissent y pénétrer. Elle est trop grande, trop éloignée du pôle et à un horizon trop peu élevé, pour que l'eau puisse s'y refroidir comme dans les bassins subalpins.

Un accroissement de la chaleur interne évaluable à un degré pour 25 et même pour 30 mètres, ne peut être attribué qu'à un foyer dont l'intensité va croissant jusqu'au centre.

Fourrier, qui a déterminé les lois de la pro-

(1) Voyages aux Alpes, §. 1392.

pagation de la chaleur et en a suivi l'application aux phénomènes des températures terrestres, a tenu compte dans ses calculs de celle de l'espace où les corps planétaires font leurs révolutions; température qui doit être uniforme dans toute l'étendue de cet espace, puisqu'elle est le produit du rayonnement de tous les corps qui s'y trouvent disséminés, et qu'elle résulte de leur équilibre.

Cette température de l'espace lui a paru devoir être un peu inférieure à celle des pôles terrestres (1).

Il a obtenu de ses recherches cette conséquence légitime, que la chaleur solaire qui pénètre par les régions équatoriales, s'écoule à-travers les régions polaires, et que la terre rend aux espaces célestes non-seulement toute la chaleur qu'elle reçoit du soleil, mais y

(1) Environ — 50°. Swamberg en prenant pour base de ses calculs, non l'espace où rayonnent tous les astres, mais seulement celui de l'atmosphère planétaire, a eu pour résultat une température de — 49° 85.

En calculant cette température selon les idées de Lambert, d'après l'absorption que subit un rayon de lumière, passant du zénith à la surface du globe à-travers l'atmosphère, il a trouvé — 50° 35. Cette coïncidence est très-remarquable.

LA BÈCHE, *manuel géolog.*, pag. 29.

ajoute une partie de celle qui lui est propre (1).

Le refroidissement de la terre qui se trouve ainsi retardé par les effets de la chaleur solaire, mais qui a dû être assez rapide aux époques où la couche extérieure était encore brûlante, s'est ralenti au point que la chaleur centrale exerce maintenant une influence à peine sensible sur la température extérieure, et que Fourier a pu évaluer à moins de $\frac{1}{300}$ de degré la somme du refroidissement de la terre depuis 2000 ans (2).

(1) Ann. de ch. et de phys., t. XXVII, pag. 165.

L'effet thermométrique de la chaleur centrale à la surface de la terre, c'est-à-dire l'excédent de température produit par cette cause en sus de la chaleur solaire, a été évalué par Fourier seulement à $\frac{1}{50}$ de degré.

Mairan, Buffon et Bailli avaient porté cette évaluation pour la France à 29 fois en été et à 400 fois en hiver, celle qui nous vient du soleil. Toutes ces considérations sont maintenant passées du domaine géologique à celui de la physique générale. M. Arago les a exposées avec une admirable clarté dans l'annuaire du bureau des longitudes, 1833.

(2) En augmentant cette évaluation jusqu'à $\frac{1}{10}$ de degré, comme l'a proposé M. Arago dans l'annuaire du bureau des longitudes, le refroidissement de 10 degrés qui s'est opéré depuis le temps où les palmiers végétaient aux bords de la Seine et du Rhin, aurait exigé environ 200,000 ans.

Cette induction a été confirmée par l'application qu'a fait Laplace des observations d'Hipparque à la diminution de la durée du jour, qui aurait dû provenir du refroidissement et de la contraction du globe terrestre (1).

Le résultat de cette recherche a été, dit Fourier, de fournir un nouvel exemple de la stabilité qui caractérise tous les grands phénomènes de la nature.

Les lois de la propagation du calorique et du rayonnement, expliquent comment la température extérieure du globe peut être aussi faiblement affectée par la chaleur interne. Quelle que soit l'intensité de ce foyer, cette intensité, si on suppose un décroissement continu d'un degré pour 25 mètres de profondeur, serait au centre à peine représentée par 3500° du thermomètre de Wedgwood, dont 130 suffisent pour mettre le fer en fusion (2).

Cette théorie de la fusion originaire du globe terrestre, n'est pas encore généralement admise, bien qu'on ne lui oppose plus que de faibles objections, ou des doutes peu philosophiques.

(1) Ann. de chim. et de phys., t. XIII, pag. 414.

(2) Le 0° du thermomètre de Wedgwood correspond à 580° du thermomètre centigrade. Chaque degré pyrométrique équivaut à 72 thermométriques.

On a cependant à-peu-près cessé de contester les faits desquels il résulte que le globe terrestre est doué d'une chaleur intérieure inhérente à sa constitution, et qu'il a subi un refroidissement progressif pendant la durée des périodes géologiques.

En rattachant ce phénomène aux anciennes éruptions ignées plus fréquentes et plus volumineuses autrefois qu'aujourd'hui (1), il n'est guères possible de disjoindre ces éruptions elles-mêmes de la cause qui a déterminé leur apparition et leur décroissement.

Ce décroissement et celui de la température terrestre sont des phénomènes généraux qui ne sauraient dépendre de quelques accidens, mais auxquels ces accidens sont eux-mêmes subordonnés.

Ce ne sont point les éruptions souterraines qui ont produit la chaleur des anciennes époques, mais la chaleur souterraine qui a produit ces éruptions.

Hutton et Playfair, qui ont non-seulement admis mais exagéré les effets géogoniques de cette chaleur interne inhérente au globe ter-

(1) Voyez les mémoires géologiques et paléontologiques publiés par M. A. Boué, t. I, pag. 81.

restre, ont mieux aimé la laisser dans le cahos des choses occultes, que d'avoir égard, à la progression constante de son intensité dans les profondeurs de la terre, aux indices manifestes du refroidissement de cette masse, et à la relation de sa forme ellipsoïdale avec sa fluidité originaire.

C'est pour avoir méconnu ou négligé ces rapports, qu'ils ont été induits à mêler tant de paradoxes à une doctrine souvent lumineuse, et qui a fait faire de grands progrès aux études géologiques.

Dans les recherches de la géologie historique, on est sujet à mal raisonner, soit en introduisant arbitrairement d'anciennes causes qui sont fictives, soit en s'obstinant à rattacher aux causes actuelles des phénomènes qui sont hors de proportion à leur égard.

CHAPITRE X.

Doctrine fondamentale de l'histoire de la terre.

L'HISTOIRE de la nature a cet avantage sur celle des anciens peuples, que l'absence des

monumens n'y est jamais entière ; que les recherches synthétiques bien dirigées ont permis d'arriver à un fait primitif dont l'évidence a été rendue manifeste ; qu'à partir de ce fait, l'enchaînement de tous les phénomènes n'est plus interrompu par des lacunes impénétrables, et que les indications de la synthèse peuvent être soumises aux épreuves de l'analyse

La fluidité ignée du globe terrestre dérive sans doute de quelque autre phénomène antérieur, mais nous sommes réduits à conjecturer quel peut être ce phénomène, et à ignorer si la terre a été détachée du soleil, si elle a été concrétée dans l'espace par la condensation des matières gazeuses ou nébuleuses, ou si elle s'est produite de quelque autre manière.

Sa liquéfaction originaire, quelle qu'en soit la cause, étant désormais au rang des faits généraux, peut au contraire servir de base à l'enchaînement des phénomènes géologiques, et former le premier anneau de cette chaîne. La démonstration de ce fait indiqué par la synthèse, est achevée par tous les rapports qu'ont eu avec lui les phénomènes consécutifs.

Ce genre de démonstration est d'un ordre bien supérieur à celui des preuves historiques relatives à l'origine des nations.

Ce n'est pas une science vaine et fabuleuse que celle dont les propositions peuvent s'enchaîner logiquement, en prenant leur appui sur une première notion déduite des phénomènes par la géométrie astronomique et la physique générale.

Ce fait a pu être considéré d'abord comme une hypothèse cosmologique assez semblable à celle que proposa Copernic au 15^{me} siècle; et de même que celle-ci est devenue la base de l'astronomie philosophique, la doctrine de la fluidité ignée du globe terrestre dans ses premiers temps, est appelée à servir de point de départ et de ralliement à tous les faits historiques dont se composent les longues annales de cette planète (1).

(1) Playfair a aussi comparé au système de Copernic, la théorie huttonienne, mais dans cette théorie la chaleur propre à la terre est supposée constante et son décroissement est manifeste; on lui attribue la consolidation exclusive des strates neptuniens, à laquelle elle prend une faible part; on méconnaît son influence sur la forme du globe terrestre, qui en dérive immédiatement; enfin, on fait de cette chaleur un principe occulte en l'isolant de tous les rapports qui lient ses phénomènes à la succession des époques géologiques.

L'examen spécial de cette théorie est réservé au livre suivant.

Sa forme ellipsoïdale, sa densité, sa chaleur interne et spéciale, le décroissement de sa température, la production alternative ou simultanée des roches ignées et des neptuniennes, les soulèvemens inégaux et partiels des unes et des autres, les modifications imposées par la succession des temps aux phénomènes de l'organisation, tout vient aboutir et se rattacher à ce fait primordial d'un globe qui roulant dans l'espace a été originairement en pleine fusion.

C'est la découverte de ce fait primordial, qui a rendu praticable l'exécution d'une histoire de la terre. C'est ainsi qu'en avaient jugé Leibnitz et Buffon; avant que l'observation eut fourni les monumens propres à remplir les espaces intermédiaires, ils en avaient aperçu ou deviné le premier terme.

Les monumens géologiques considérés seulement en eux-mêmes et isolés du fait primitif, laissent l'esprit incertain et comme égaré dans un labyrinthe. Le fil d'Ariane est cette théorie de la fusion originaire du globe terrestre.

Les phénomènes actuels et ceux des temps anciens, s'y trouvent expliqués, et elle nous en fait voir l'enchaînement.

Au lieu de nous jeter dans le cahos des révo-

lutions du globe si facilement et si arbitrairement imaginées, elle exclut d'abord toutes celles qui seraient réputées universelles, et n'en admettant que de locales, elle en régularise la série, en coordonnant les effets aux causes et les phénomènes à leurs époques respectives.

C'est là l'objet de la géologie historique. Elle doit suivre pas à pas toutes les modifications que ce globe a subi depuis que sa superficie s'est consolidée et pendant qu'il s'est refroidi avec une lenteur proportionnelle à sa masse et à la température du milieu environnant.

Depuis que les preuves analytiques ou *a posteriori* ont confirmé d'une manière si satisfaisante celles acquises *a priori* de la fluidité ignée du globe terrestre avant la période primaire, le géologue exposant cette doctrine, peut dire aussi comme Newton : *Hypotheses non fingo.*

CHAPITRE XI.

Des temps et des phénomènes qui ont dû précéder la formation des terrains.

LES terrains sont les monumens de l'histoire géologique; mais cette histoire comme toutes

les autres , remonte plus haut que la date où commencent le monumens conservés.

Si la terre a été originairement en fusion, beaucoup de siècles se sont écoulés avant que sa superficie s'étant coagulée, ait pris les formes qui caractérisent ses terrains les plus anciens. Deux grands intervalles de temps ont précédé celui où les premiers de ces terrains ont fait leur apparition.

Ces époques bien qu'elles ne nous aient laissé aucun vestige de leurs phénomènes, ne doivent point être passées sous silence.

La première est celle où la masse terrestre étant entièrement liquéfiée , toutes les matières volatiles demeuraient suspendues dans l'atmosphère. La deuxième a commencé dès que l'écorce du sphéroïde est devenue assez consolidée et atténuée pour que les vapeurs aqueuses aient pu se condenser et tenir le globe enveloppé d'une mer universelle , pendant long - temps bouillante.

Il est évident que cette mer a dû précéder tous les terrains de sédiments qu'elle a déposés , et que ce dépôt s'est fait sur un sol de roches ignées déjà consolidées, puisque la mer les recouvrait.

Pendant son état de fusion , la terre était ,

comme l'ont cru Leibnitz et Buffon , à-peu-près vitrifiée , ou plutôt ressemblait à une masse métallique fondue.

La chimie a fait découvrir dans le siècle où nous vivons , que les terres et les sels alcalins sont des combinaisons de l'oxygène avec des substances métalloïdes (1) ; il est probable que la chaleur excessive de la masse terrestre en fusion a tenu dans les premiers temps l'oxygène dégagé de la plupart de ses combinaisons actuelles , et l'a rejeté dans l'atmosphère à l'état de gaz ou de vapeurs aqueuses ; les autres matières volatiles dont quelques-unes sont aussi métalliques , y ont été pareillement maintenues à l'état de vapeurs.

Les métaux alcalins étant ceux qui sont les moins denses , devaient former la couche extérieure du globe liquéfié ; comme ce sont eux aussi qui ont le plus d'affinité avec l'oxygène , ils ont dû les premiers , en se combinant avec lui , former des composés pierreux et salins , aussitôt que l'abaissement de la température planétaire a rendu ces combinaisons praticables.

Ceci explique assez naturellement comment

(1) Cette découverte est due au célèbre Humphry Davy.

la première écorce consolidée du globe terrestre se trouve presque entièrement composée d'oxides de silicium, de calcium, d'aluminium, de magnésium, de potassium et de sodium.

La masse des vapeurs suspendues dans l'atmosphère pendant cet état de fusion absolue, ne peut être évaluée à moins de 150 ou 200 fois son poids actuel.

Si on admet que la profondeur moyenne de la mer est de 9000 à 12000 pieds, et si on estime à la moitié de cette épaisseur celle de l'enveloppe aqueuse qui aurait été absolue et universelle; comme 100 pieds d'eau équivalent au poids de plus de trois atmosphères, il n'y en aurait pas moins que la valeur de 135 dans une colonne d'eau de 4500 pieds; il y en aurait 180 si l'enveloppe aqueuse était supposée de 6000 pieds ou 1000 toises.

A ce poids il faut encore ajouter celui des matières gazeuses ou volatiles, maintenues à l'état de vapeur par l'incandescence du globe. Les moyens nous manquent pour estimer la somme de ces matières mêlées aux eaux de l'atmosphère, ainsi que celle des temps écoulés pendant la durée de cet état de fusion.

Buffon a tenté sans succès d'exprimer par

des nombres la longueur de cette période de l'histoire de la terre ; ce sont les travaux de Fourier qui ont ouvert la voie à cette importante évaluation non encore obtenue (1).

Bien long - temps avant que les vapeurs aqueuses aient pu se condenser et séjourner sur les métalloïdes alcalins ou terreux, ceux-ci avaient déjà absorbé l'oxigène ; et ces nouveaux oxides avaient été eux-mêmes d'abord maintenus à l'état fluide avant de se figer en prenant la forme cristalline.

Cette première croûte pierreuse d'un globe dont la masse presque entière était encore en fusion, s'est lentement accrue et épaissie de la circonférence au centre, par les effets du refroidissement dans un milieu dont la température est très - inférieure au degré de la glace. Ce n'est qu'après avoir perdu beaucoup de sa chaleur, que les vapeurs aqueuses ont pu se condenser de plus en plus, et s'éten-

(1) M. Duhamel, en supposant que la température de la terre à sa surface dans l'état de fusion était de 2000°, évalue à un million de siècles le temps nécessaire pour le réduire à son terme actuel.

Séance de l'acad. des sciences de 17 février 1831.

Cent millions d'années c'est beaucoup pour nous ; ce n'est qu'un instant dans l'histoire des mondes.

dre à sa superficie, en la recouvrant d'une enveloppe liquide.

Il a fallu sans doute beaucoup de temps pour que cette mer universelle épaisse d'abord de quelque mètres, et maintenue dans une ébullition violente sous un poids énorme, ait acquis graduellement par la condensation ultérieure des vapeurs une puissance moyenne de 750 à 1000 toises, en demeurant toujours bouillante, quoique encore comprimée par une charge qui se trouvait réduite au poids d'une et demie ou de deux atmosphères.

Pendant ce long intervalle, combien se sont succédés de phénomènes de solution, de démolition, de précipitation, dont les monumens ont été bouleversés et dispersés par les opérations de même espèce qui se sont succédées les unes à la suite des autres !

Les premières couches aqueuses ont exercé sur les oxides récemment formés une action dissolvante puissamment secondée par leur agitation et par l'excessive chaleur qu'y concentrait la pression atmosphérique; cette action était d'abord restreinte par l'exiguité de la masse liquide rongeanle et dissolvante; mais cette masse s'augmentait à mesure que sa chaleur devenait moindre.

Le mouvement tumultueux d'une mer tenue en ébullition pendant plusieurs siècles, a dû rompre, détacher et pulvériser les oxides nouvellement formés qu'elle recouvrait, et joindre de grands amas de détritux aux scories provenant de la coagulation des métalloïdes oxidés.

Pendant cette époque de l'ébullition des mers, la croûte consolidée du globe était d'autant plus fréquemment entr'ouverte et rompue, qu'elle se trouvait moins épaisse, et elle se recouvrait des premières roches d'éruption qui augmentant la chaleur et l'agitation des eaux les rendait encore plus aptes à démolir et à dissoudre.

Les soulèvemens produits par ces éruptions ne pouvaient former que des saillies peu élevées à raison du peu d'épaisseur de l'enveloppe récemment solidifiée, et ces inégalités à peine formées ont dû être balayées et nivelées sous un fluide bouillant et violemment agité.

Ce sont tous les débris de roches ignées atténués, ramollis et accumulés, qui ont dû servir de matériaux aux premiers terrains neptuniens dont l'apparition a commencé vers la fin de cette époque de trouble et d'ébullition des eaux universelles.

Qu'on ne m'accuse point d'entraîner le lec-

teur dans des régions imaginaires et de frapper son imagination plutôt que d'éclairer sa raison.

La fluidité ignée du globe terrestre étant admise, toutes les phases consécutives de ce fait primitif demeurent soumises à notre examen ; et nous devons chercher à connaître par induction les évènements antérieurs aux époques dont les monumens se sont conservés jusqu'au temps actuel.

CHAPITRE XII.

De la mer universelle avant l'émergence des premiers terrains.

J'AI supposé dans le chapitre précédent qu'une couche d'eau épaisse de 750 à 1000 toises, aurait enveloppé le sphéroïde terrestre refroidi et consolidé avant que les ruptures et les soulèvemens de son écorce eussent amené des terrains au-dessus de la superficie liquide.

Cette évaluation correspond à la donnée assez généralement admise que la profondeur moyenne de la mer est de 1500 à 2000 toises.

Si on veut, dit Buffon (1), avoir une idée de la quantité énorme d'eau que contiennent les mers, on peut supposer une profondeur commune et générale à l'océan, et en ne la faisant que de 200 toises, ou de la 10^{me} partie d'une lieue, on verra qu'il y a assez d'eau pour couvrir le globe entier de la hauteur de 600 pieds.

Cette estimation de la profondeur moyenne de l'océan que Buffon a présentée comme un moyen d'expliquer sa pensée, diffère beaucoup de celle qu'il a adoptée dans le cours de son travail, puisqu'il porte jusqu'à 2000 toises la hauteur de l'ancienne mer au-dessus de son niveau actuel, ce qui supposerait à la mer une profondeur moyenne de 4000 toises.

Les observations géologiques sur lesquelles Buffon a basé ses calculs, ne justifient pas son évaluation et autorisent à la réduire au moins de moitié.

Laplace, dans ses premiers travaux, avait cru probable, d'après la marche des marées dans

(1) Preuves de la théorie de la terre.

Suivant Lazaro Moro, l'océan universel n'avait que 175 toises de profondeur, avant la formation des montagnes.

Entretiens de Parrot sur la phys., t. VI, p. 659.

les mers libres, et d'après le rapport de la densité des eaux à celle de la terre, que la profondeur moyenne de l'océan était au moins de quatre lieues (1).

M. Parrot a adopté ce résultat comme l'ayant déduit de ses propres recherches (2).

Depuis, l'illustre géomètre français a fait observer que le rapport des axes de l'ellipsoïde terrestre déterminé par l'observation, est à-peu-près celui qui aurait eu lieu si les mers étant supprimées, la surface du globe était rendue fluide; d'où il a conclu que la profondeur de la mer ne devait pas excéder une petite fraction de la différence des deux axes méridien et équatorial (3).

Cette mesure que les premières combinaisons de Laplace avaient portée à plus de 16000 mètres, s'est trouvée réduite à 1000 par une dernière appréciation.

Comme l'une et l'autre reposent sur des considérations théoriques, trop générales pour que leur rapport avec la profondeur des mers puisse être déterminée numériquement, et que la condition essentielle est que la profondeur de

(1) Mém. de l'acad. des sciences, 1776, pag. 218.

(2) Entretiens sur la phys., t. VI, pag. 487.

(3) Mécanique céleste, t. V, pag. 14.

la mer soit du même ordre que les élévations du continent au-dessus de son niveau (1), peut être serait-il à-propos, en ayant égard aux indications géologiques, d'adopter le terme moyen de 4000 mètres, qui est le quart de la première évaluation, et le quadruple de la deuxième. Ce terme égal seulement à la douzième partie de la différence des deux axes du globe terrestre, ne dépasse point la limite indiquée par la considération des hauteurs continentales.

Cette règle adoptée par Buffon, vient d'être aussi proposée par M. de la Bèche, comme étant la moyenne de plusieurs évaluations qui varient de 3200 à 4800 mètres (2).

La profondeur absolue de la mer ne nous a point été enseignée par l'observation; les sondages les plus profonds n'ont pas dépassé 1200 brasses. Cette longueur n'a pu suffire à atteindre le fonds des mers polaires, selon M. Scoresby (3), ce qui semble devoir modifier les dernières inductions de Laplace (4).

(1) Mém. de Laplace sur la figure de la terre, *ann. de chim. et de phys.*, t. VIII, pag. 316.

(2) Manuel géolog., pag. 3.

(3) *Ann. de chim. et de phys.*, t. XVIII, pag. 29.

(4) Il est probable que si les pôles n'étaient pas glacés,

Plusieurs autres sondages à diverses latitudes ont eu le même résultat.

Marsigli, dans son histoire de la mer méditerranée, prétend qu'à 54 milles en mer à l'est du Cap de Roses, se trouve un abîme très-spacieux aussi profond au-dessous de la surface des eaux, que le Canigou est élevé au-dessus, ce qui suppose une profondeur de plus de 1400 toises. Si de tels abîmes se rencontrent dans une mer intérieure et circonscrite, que faut-il penser de ceux du grand océan ?

On ne peut guère observer que dans les terrains tertiaires, des faits géologiques propres à établir avec une certaine probabilité les nivellement de l'ancienne mer au-dessus de son horizon actuel ; mais il n'en est pas moins vraisemblable qu'elle était plus élevée pendant que se faisait le dépôt des terrains secondaires, puisque ceux de ces terrains qui ne paraissent l'axe polaire serait un peu raccourci, et que l'applatissment du globe se trouverait augmenté. Cependant, bien que la glace ne puisse obéir aux impulsions de la force centrale, comme le ferait une masse liquide, c'est bien à cette force qu'il faut attribuer le mouvement de translation qui éloigne sans cesse du pôle boréal les glaces dont il est entouré, et qui a rendu impossible au-delà du 82^m degré, la tentative d'atteindre le pôle conçue par le capitaine Parry.

sent point avoir été soulevés forment un horizon bien supérieur à celui des sédiments tertiaires demeurés horizontaux.

Quant aux roches primaires, quoiqu'il s'en trouve dont les strates sont encore horizontales, les exemples en sont trop rares, et les circonstances de leur gisement trop équivoques pour altérer la généralité de ce principe, que les roches de cette période qui sont maintenant à la superficie du sol terrestre ont toutes subi un déplacement.

Le mont Rosa, des Alpes, n'est pas moins le produit d'une évulsion que le mont Blanc, quoique les strates de celui-ci soient verticales et que l'inclination de ceux du mont Rosa ne dépasse pas 30°.

M. Kupffer, dans la relation de son voyage au Caucase (1), représente le vaste plateau de Kinsal comme élevé sur la mer d'environ 6000 pieds, et composé de grès secondaire à ostracites dont les bancs sont réguliers et horizontaux.

Toute idée de déplacement de cette masse semble exclue par sa position au voisinage

(1) Relation de M. Kupffer à l'académie de Petersbourg. *Bulletin de géologie de Ferussac*. 1831, Juillet, p. 15, et suiv.

des cônes trachytiques qui ont rompu et soulevé autour d'eux les schistes argileux, les grès houillers, le calcaire du Lyas et même de pséphites assez anciens pour ne contenir aucun fragment trachytique. Certainement les psammites du Kinsal n'auraient pas échappé à ce bouleversement, si leur formation ne s'était opérée après l'éruption trachytique, aux roches de laquelle ils se trouvent adossés ainsi que d'autres terrains moins élevés, tels que le calcaire ammonitifère des eaux chaudes et les sédiments tertiaires.

Cette observation, en fixant après l'époque du Lyas l'éruption trachytique de la chaîne inférieure au nord du Caucase, nous indique à la hauteur d'environ 1000 toises le niveau de la mer contemporaine des terrains secondaires supérieurs.

En Angleterre, les roches secondaires horizontales ne dépassent guère, selon Playfair, la hauteur de 3000 pieds (1).

Peut-être serait-il difficile d'en trouver en France au-dessus de cette hauteur qui soient dénuées de tout indice de soulèvement.

(1) Explication de la théorie Huttonienne par Playfair, pag. 61.

La détermination positive du niveau le plus élevé qu'ait atteint la mer universelle, est encore au rang de ces questions dont la solution est réservée aux observateurs à venir.

P. S. Aujourd'hui plus que jamais on met en question l'abaissement du niveau des mers pendant la série des époques géologiques. Ce qui avait paru vraisemblable aux observateurs de l'antiquité, et, parmi les modernes, à Newton, à Saussure, à Laplace, à Cuvier, n'a plus aucun crédit auprès des nouveaux géologues.

En réprouvant la théorie de Werner, ils ont rejeté tout ce qu'elle pouvait renfermer de plausible. En adoptant celle de Hutton, ils ont cru comme lui nécessaire de maintenir la permanence du niveau des mers.

Mais cette permanence et les conséquences qui en dérivent logiquement, nécessitent une autre hypothèse bien autrement invraisemblable.

Des terrains évidemment formés sous les eaux de la mer sont maintenant situés au-dessus du niveau de ces eaux, et y sont distribués en plusieurs étages, d'autant plus élevés que leur formation se trouve plus ancienne.

Il faut donc nécessairement, ou que la mer se soit abaissée d'époque en époque jusqu'à

son niveau actuel, ou qu'un rehaussement du sol terrestre ait fait surgir au-dessus de la mer et porté successivement à leur horizon actuel, d'abord les terrains secondaires, puis les tertiaires, puis les quaternaires.

Je passe sous silence les terrains secondaires qui ont été la plupart soulevés d'une manière violente et dont quelques petites parties seulement ont conservé cette horizontalité qui est l'indice le plus naturel d'un terrain non déplacé depuis sa formation.

Mais les tertiaires qui couvrent la moitié ou le tiers de la superficie des continents et dont à peine la centième partie a subi ces soulèvements rendus manifestes par la forte inclinaison des strates, comment se trouveraient-ils maintenant aussi uniformément nivelés dans toutes les parties du monde jusqu'à un horizon de 200 à 250 mètres au-dessus de la mer qui les a pétris de ses coquilles, si cette mer n'avait autrefois dépassé leur horizon actuel ?

L'exhaussement lent, périodique et régulier de tant de plaines et de vallées inférieures, imaginé pour expliquer l'émergence du terrain tertiaire au-dessus d'une mer à niveau permanent, est non-seulement la moins prouvée, mais la plus invraisemblable des suppositions.

Ces plateaux même les plus réguliers ont, il est vrai, leurs crevasses, leurs failles, leurs bancs interrompus et faiblement inclinés en divers sens; mais les secousses terrestres, les affaissemens locaux, et en général les causes actuellement existantes, suffisent pour rendre raison de ces phénomènes qui n'ont rien de commun avec un exhaussement régulier et général.

Avec cet exhaussement universel et simultané du sol tertiaire, il faut nécessairement supposer un mouvement général de dilatation de la masse terrestre, et il est évident que cette masse, depuis l'établissement des corps organisés, n'a cessé de se refroidir et de se contracter.

C'est même à ce mouvement de contraction seul universel qu'on attribue avec le plus de vraisemblance l'éruption des roches ignées qui a produit les soulèvemens partiels et locaux.

Tous les phénomènes d'exhaussement du sol terrestre sont essentiellement locaux et partiels. Ni la théorie, ni l'observation, ne nous permettent pas d'en concevoir d'universels.

Si cet exhaussement supposé s'était prolongé pendant la période quaternaire dont les terrains sont aussi sous-marins, nous le verrions par-

tout sous nos yeux , au lieu d'être circonscrit sur un bien petit nombre de points isolés.

L'inégalité d'horizon est un caractère inhérent aux terrains soulevés , où en général produits par des causes locales et accidentelles ; la différence des lieux et celle des temps ont fait varier à l'infini l'intensité de l'action interne qui a exhaussé ces terrains.

L'uniformité d'horizon est au contraire un indice à-peu-près certain que les terrains ainsi disposés n'ont point subi de déplacement , et le phénomène de leur émerision ne peut être expliqué que par une cause aussi universelle que celui de leur formation sédimentaire , c'est-à-dire par l'abaissement progressif , universel et uniforme de cette mer qui les a déposés à divers étages sur une hauteur verticale d'environ 200 mètres depuis leurs plateaux les plus élevés jusqu'à l'horizon des sédiments quaternaires.

CHAPITRE XIII.

Des diverses espèces de terrains.

LES terrains se composent de toutes les ma-

tières solides et inorganiques qui constituent la superficie du globe terrestre (1). Ils diffèrent par leur origine et leur disposition.

Les uns sont produits par le feu ou pyrogènes; les autres sont aquigènes ou proviennent du travail des eaux. Quelques-uns sont encore problématiques.

Il y a des terrains pyrogènes immédiats qui ont été liquéfiés, tels sont en général les porphyres, les basaltes et la plupart des roches appelées granits. D'autres roches d'origine sédimentaire ont été seulement modifiées par le feu, tels sont la plupart des calcaires cristallins et dolomitiques.

Les terrains aquigènes ont été formés sous les eaux de la mer, ou dans des lacs d'eau douce, ou dans ces lacs assujettis aux irrupsions de la mer. On peut donc diviser ceux-là en marins, lacustres et mixtes. D'autres terrains formés par les courans fluviatiles sont appelés alluviens ou terrains d'atterrissement et de comblement.

S'il se trouve des matières aquigènes dénaturées par l'action ignée, on en rencontre

(1) Les débris organiques y sont adventices ou accidentels.

aussi de pyrogènes remaniées et reconstruites par les eaux.

Il y a dans toutes ces espèces de terrains des roches cristallines, d'autres semi-cristallines, et d'autres amorphes (1).

La forme sédimentaire est le caractère fondamental et exclusif des terrains aquigènes. quelle que soit leur texture terreuse, lithoïde ou cristalline. Des matières que l'eau a abandonné par une précipitation lente et régulière sont naturellement stratifiées (2), et peuvent seules paraître feuilletées.

Les roches porphyriques feuilletées sont ainsi plutôt des schistes que des porphyres.

La stratification tabulaire qui se rencontre quelquefois dans les trapps et les basaltes n'est qu'un accident produit par le retrait ou com-

(1) C'est une des principales erreurs de la théorie huttonienne, de n'admettre aucune roche cristalline qui ne soit ignée.

(2) On appelle strates, bancs, lits et couches les assises des terrains stratifiés. Ces mots sont à-peu-près synonymes, quoiqu'on ait essayé d'attribuer à chacun une valeur spéciale. Les Anglais ont conservé le mot latin *stratum*, au pluriel *strata*. En français, suivant les règles de l'étymologie, le mot strate qui dérive de *stratum* doit être masculin, j'ignore pourquoi la plupart de nos écrivains l'ont fait féminin.

pression. On ne saurait concevoir comment une grande masse de matières fondues aurait pu prendre en se consolidant la structure schisteuse, c'est-à-dire se composer de feuillets superposés les uns aux autres.

Les schistes primaires cristallins ont probablement essuyé de graves modifications par le contact habituel des roches ignées; mais on ne peut classer parmi ces roches aucune de celles qui, n'ayant pas été fondues, ont conservé la structure schisteuse, caractère exclusif des terrains de sédiment.

On doit se méfier des observations géognostiques qui ne se concilient point avec les lois physiques; celles qui supposent des schistes non-seulement altérés, mais produits par le feu, sont de ce nombre. La véritable géognosie désavoue ce que la physique ne peut admettre.

Les roches immédiatement pyrogènes sont arrivées à la surface du sol par voie d'injection et d'épanchement. Elles s'y trouvent disposées en amas côniques, en coupoles surbaissées, en filons cunéiformes, en dikes, en chaussées (1), en nappes ou cheyres non-stratifiées.

(1) Les dikes sont des espèces de chaussées ou de murailles épaisses, produites par injection dans des

Toutes ces formes sont les indices manifestes de l'état de fusion ou de ramollissement qu'ont subi ces terrains, et rendent sensible leur analogie avec les excroissances et les coulées volcaniques.

Les sédiments de la mer et des lacs ont souvent les caractères d'un précipité chimique, et les dépôts mécaniques qui s'y trouvent mêlés, sont composés de matières limoneuses ou arénacées, dont l'accumulation paraît s'être opérée avec une lenteur extrême.

D'autres dépôts exclusivement mécaniques qui doivent leur origine aux eaux courantes, sont appelés alluviers, et mal-à-propos diluviens. Les limons, les sables, les graviers, les cailloux y sont, selon les circonstances, sans ordre ou disposés régulièrement.

Les roches sédimentaires n'ont pu se précipiter du fluide qui les tenait suspendues, sans se niveler et se terminer comme ce fluide, par un plan à-peu-près horizontal. Ainsi celles qui déposées par la mer n'ont pas été déplacées après leur formation, seraient encore toutes

cavités, ou entre les joints des terrains dont les dégradations ultérieures ont mis les roches à découvert.

Les nappes de laves sont appelées en Auvergne *Cheyre*, en Sicile *Sciara*.

sous les eaux, si la mer ne s'était point abaissée.

Comme les indices de déplacement des roches stratifiées sont très-multipliés, mais non universels, il s'ensuit que l'émersion des roches de sédiment a dû s'opérer de deux manières : 1^o par les évulsions souterraines qui ont soulevé et porté à de grandes hauteurs les strates déplacés ; 2^o par l'abaissement du niveau des mers qui a laissé à découvert ceux demeurés en place.

Ainsi l'étude des terrains embrasse ces trois questions principales : 1^o S'ils sont d'origine ignée ou d'origine aqueuse ? 2^o Quels sont, parmi ces derniers, ceux qui ont été déposés par la mer, par les eaux douces stagnantes, par ces eaux mélangées et par les courans fluviales ? 3^o S'ils ont subi quelque déplacement, ou occupent encore leur position originaire ?

CHAPITRE XIV.

Des diverses séries de phénomènes géologiques.

LES principaux phénomènes qui ont apparus pendant la durée des temps géologiques, se

trouvent distribués en plusieurs séries, dont les termes se succèdent ou se correspondent; leur enchaînement et leurs synchronismes constituent la base historique de chaque époque.

Ces séries, au nombre de huit, sont celles :

1^o Des décroissemens de la température terrestre, depuis un degré de chaleur très-supérieur à celui de l'eau bouillante, jusqu'à celui des climats actuels ;

2^o De tous les dépôts sédimentaires qui se sont succédés sur la superficie du globe depuis qu'elle a été couverte par les eaux ;

3^o Des éruptions et des épanchemens de roches ignées dont on voit les indices à toutes les époques, mais dont les effets locaux n'ont affecté à la fois qu'une petite partie de la superficie terrestre ;

4^o Des évulsions souterraines qui, concurremment avec ces éruptions, ont redressé les strates et soulevé les roches de toutes les espèces pour en former les montagnes ;

5^o Des formations successives et circonscrites des matières combustibles, métalliques et salines ;

6^o Des abaissemens du niveau des mers ;

7^o Des érosions et excavations des terrains par les eaux fluviales, les inondations, les débâcles des lacs et le choc des eaux marines ou stagnantes agitées.

8° Des apparitions ou créations des espèces végétales et animales qui ont vécu dans les eaux et sur la terre.

Toutes ces séries font supposer que les faits généraux dont elles offrent le développement, sont généralement admis ; mais la science géologique est trop conjecturale et trop nouvelle, pour qu'on puisse y rencontrer l'unanimité. Il est donc à-propos de se borner d'abord à considérer ces faits comme de simples hypothèses indiquées *a priori*, et dont la démonstration doit être amenée par l'examen ultérieur des phénomènes.

Avant de procéder à cet examen selon l'ordre des temps, je dois exposer et rendre sensible la relation immédiate de ces phénomènes, avec la doctrine de la fluidité originaire du globe terrestre, par une cause ignée.

Si la terre a été en état de fusion, il est hors de doute qu'elle s'est consolidée par le refroidissement, en roulant dans un espace dont la température est inférieure d'environ 50° à celle de l'eau glacée. Ce refroidissement est attesté par un grand nombre de faits géologiques. La loi est inconnue, mais n'est point inaccessible aux recherches de l'esprit humain.

Les eaux retenues dans l'atmosphère jus-

qu'à une époque bien postérieure à la consolidation de la superficie terrestre, n'ont cessé, depuis qu'elles y sont établies, d'y former des dépôts sédimentaires, qui tous ont reçu les empreintes de leur âge respectif.

La masse terrestre centrale, demeurée en fusion sous son écorce consolidée, a rompu cette écorce à plusieurs reprises, et injecté au-dessus d'elle des torrens de matières fondues, qui ont pris en se coagulant des formes cristallines. La série de ces éruptions n'est pas encore arrivée à son terme.

Les convulsions souterraines qui ont rompu et crevassé ces couches consolidées, en ont aussi soulevé plusieurs parties bien au-dessus du niveau des eaux universelles.

Si la terre liquéfiée, puis refroidie et couverte d'eau, n'eut pas été soulevée et bouleversée à sa superficie par une force évulsive interne, toutes les roches pyrogènes et celles de sédiment seraient encore ensevelies sous la mer. Celle-ci serait seule peuplée d'êtres vivans.

Les soulèvemens qui ont couvert le globe terrestre d'inégalités convexes et concaves, en faisant d'une part surgir au-dessus des mers les terrains qui y étaient enfouis, et de l'autre en y creusant des abîmes, ont dû déter-

miner des abaissemens proportionnels , du niveau de la mer universelle (1).

Les terrains mis a découvert par les soulevemens des roches, par l'abaissement du niveau des mers, par l'évacuation des lacs, n'ont cessé depuis leur émerision d'être livrés à l'action érosive et destructive des eaux courantes, à celle des météores atmosphériques et aux battemens des eaux agitées contre leurs rivages.

Enfin, c'est aux décroissemens progressifs de la chaleur terrestre, qu'ont correspondu les apparitions successives des êtres organisés, végétaux ou animaux.

D'autres évènemens, tels que la formation ou la destruction des lacs et leurs débâcles, les grandes inondations pluviales qui jointes à ces débâcles ont pris le nom de déluge, les ouvertures des détroits et les réunions des îles aux continens par des isthmes, sont survenus à des intervalles irréguliers; mais ils ont été en rapport immédiat avec les causes constan-

(1) Cet abaissement, dit Cuvier, est un résultat non moins clair et non moins démontré que ceux du soulèvement, pour quiconque se donnera la peine d'étudier les mouvemens qui l'appuient.

Disc. prélim. des recherches sur les ossemens fossiles, pag. 6.

tes dont l'action s'est prolongée dans ces diverses séries; tous s'enchaînent avec elles, et aucun d'eux n'en a rompu la continuité par quelque révolution ou catastrophe qui puisse être réputée universelle.

L'emploi de ces catastrophes dans l'histoire des phénomènes géologiques, a été fort en usage autrefois et on ne l'a pas encore abandonné, à raison sans doute des facilités qu'il offre à l'imagination pour abréger les temps et éluder certaines difficultés; mais cet emploi n'est justifié par aucune induction légitime, et le plus souvent ces inventions n'atteignent point le but qu'on se propose ou le dépassent. Elles ont d'ailleurs ce grave inconvénient de ressusciter les causes occultes, et de substituer le hasard à cet ordre admirable qui préside à l'enchaînement des phénomènes dont se compose l'histoire de la terre.

Les révolutions générales sont aussi déplacées en géologie qu'en astronomie. Dans le système restreint de notre planète, ainsi que dans le système solaire, tout vient de loin; tout est réglé d'avance; tout est subordonné aux faits primitifs, aux lois naturelles, et à la puissance du temps.

La consolidation de l'écorce terrestre, l'éta-

blissement des eaux descendues de l'atmosphère sur cette écorce attiédie, l'exhaussement des îles et des continens au-dessus de l'enveloppe aqueuse universelle, sont les plus grands évènements de l'histoire de la terre. Tous se sont opérés au terme qui leur était prescrit; tous ont exigé et occupé une longue suite de siècles.

Les révolutions qui en sont résultées ont été lentes. Il n'y a eu de subit que les accidens locaux.

Ces accidens ont produit de grands effets dans les lieux où ils ont éclaté; mais il ne faut pas exagérer leur importance, jusqu'au point de les généraliser, en leur faisant interrompre les séries des phénomènes universels.

Attribuer des effets généraux à des catastrophes locales, c'est rompre la proportion des effets aux causes; c'est ôter à celles-ci la continuité et la régularité qui sont dans leur essence, c'est démentir cet axiome si connu que la nature n'agit point par soubresauts (1).

(1) *Natura enim non facit saltus. Hippocrate, Linné.*

Hutton et Playfair qui ont fait du globe terrestre le théâtre d'une série indéterminée de destructions et de rénovations, en ont pourtant exclu toute révolution comme contraire aux lois naturelles. Ils n'ont admis que des changemens partiels.

Toutes les séries des phénomènes géologiques ont été croissantes ou décroissantes , parce que toutes proviennent de causes générales dont l'intensité est modifiée par le temps dans un sens ou dans un autre. La continuité de ces effets n'a pu éprouver de lacunes. La variété n'en a pas changé l'unité; les accidens n'ont jamais fait loi.

M. de La Bèche réduit à deux les théories géologiques actuellement dominantes : 1^o Celle qui attribue les faits géologiques aux causes que produisent les effets que nous voyons maintenant ; 2^o celle qui les rapporte à des séries de catastrophes et de révolutions soudaines (1).

Dans la théorie dont j'entreprends ici l'exposition , les phénomènes de chaque période se rapportent manifestement aux mêmes causes générales dont l'intensité a été croissante ou décroissante selon l'ordre des temps ; et toutes les catastrophes partielles et locales viennent se rattacher à ces causes et à cet ordre, qu'auraient interverti des révolutions universelles et soudaines.

Ce qui m'a surtout encouragé à écrire ce

(1) Manuel géolog. pag. 39.

précis, c'est cette considération que l'histoire des terrains qui sont à la superficie de notre globe peut être suivie depuis leur origine jusqu'aux temps actuels, sans le secours et l'intervention de ces périodes de destruction et de rénovation, assez semblables aux coups de théâtre imaginés par les auteurs dramatiques, pour suppléer aux moyens naturels d'érouvoir et de charmer (1).

CHAPITRE XV.

De la division des temps géologiques en périodes et époques.

LA classification géognostique des terrains est inséparable de leur chronologie. Les méthodes imaginées par les géognostes, se rapportent toutes d'une manière plus ou moins déguisée à l'ordre des temps.

(1) Il y a déjà plusieurs années que M. de Férussac a cherché à faire revivre cette doctrine, et énoncé les principes développés dans ce précis; mais depuis lors, les cataclysmes et les révolutions du globe ont

Comment une science dont le but est l'histoire des terrains, pourrait-elle ne point tenir compte de leurs rapports historiques ?

Ceci explique pourquoi la classification des terrains en périodes désignées par leur ordre numérique, a prévalu sur toutes celles qui ont été proposées.

La théorie géognostique de Werner est abandonnée; mais, malgré les tentatives de plusieurs savans, le besoin de s'entendre a fait conserver la chronologie Wernérienne en la modifiant.

L'idée fondamentale de cette méthode est suggérée par le sens commun.

Il est plus facile de la perfectionner que de la remplacer, et elle peut être perfectionnée si on fait un bon choix des faits propres à caractériser chaque période, en lui assignant des limites convenables.

On ne doit point se dissimuler que la chaîne

recouvré leur ascendant même sur l'esprit des géologues qui se récrient le plus contre l'esprit de système.

Il est surtout question sans cesse d'une dernière révolution ou catastrophe qui n'est point celle du déluge de la Genèse, et qui n'est appuyée ni sur le dogme ni sur l'induction.

des faits naturels est continue et qu'ils se lient les uns aux autres sans interruption ; d'où il résulte que ces limites spéciales sont nécessairement artificielles. Il faut du moins éviter qu'elles paraissent arbitraires.

La valeur des méthodes artificielles est déterminée par leur relation avec l'ordre de la nature. Cette relation n'est jamais parfaite ; mais il y a moins d'inconvénient dans une méthode un peu vague et indécise, que dans une autre qui serait trop décidée et affirmative. Il vaut mieux que quelques rapports soient négligés, que si de faux rapports étaient introduits. Les époques de l'histoire des terrains peuvent être assimilées à celles de la vie humaine, où l'enfance, l'adolescence, la virilité et la vieillesse se succèdent en formant dans une seule vie des âges différens, sans que la chaîne des mouvemens vitaux soit interrompue, et sans qu'on puisse assigner à chaque intervalle une limite précise. Les phénomènes géologiques se lient et s'enchaînent ensemble comme les phases de la vie animale. C'est la vie de la terre que raconte la géologie historique.

D'après ces considérations, il m'a semblé que la division chronologique des terrains se trouverait améliorée et rendue plus méthodi-

que, si on lui faisait indiquer approximativement et exprimer par des synonymes, les relations de chaque période numérique avec les phénomènes qui lui sont propres.

On pourrait trouver des caractères de cette espèce dans les phénomènes de l'abaissement successif des mers, si cet abaissement que tant de considérations rendent probable, venait à être considéré autrement que comme une hypothèse.

On ne peut guère considérer comme hypothétique, le phénomène des apparitions successives des corps organisés, dont le rapport avec les temps est rendu de plus en plus manifeste par les observations.

La période antérieure à cette apparition, peut donc être également désignée par les mots de primaire et de prozoïque ou azoïque.

L'époque la plus ancienne de la période secondaire, celle à qui on a donné le nom peu méthodique d'intermédiaire, étant signalée par les premières apparitions des corps organisés, serait clairement distinguée, par le nom de protozoïque (1).

Comme ce nom convient plus spécialement

(1) La valeur des mots numériques exige que les

à la première subdivision de cette période, celle-ci sera peut-être mieux désignée par le non générique d'ammonéenne, que justifie la présence des ammonites dans les terrains de toutes ses époques.

C'est dans la période suivante ou tertiaire que s'est manifestée, sauf quelques rares et faibles exceptions, la création des mammifères anciens dont les espèces n'ont pas prolongé leur existence jusqu'à notre temps. Ainsi cette période serait convenablement appelée palaïomastonienne ou contemporaine des anciens mammifères (1).

terrains de transition soient primaires ou secondaires; et ils ne peuvent être primaires puisque des corps organisés s'y trouvent. La distinction des roches de sédiment en azoïques et zoïques, ou en prozoïques et métazoïques, est à ce qu'il me semble la moins contestable de toutes celles usitées en géognosie.

Elle est aussi l'une des plus anciennes, puisque Stenon l'a entrevue en 1609.

C'est M. Huot qui a proposé les noms de prozoïque et métazoïque.

- (1) On a donné aussi aux terrains tertiaires les noms de
- Sédiments supérieurs, (Brongniart).
 - thalassiques, (Brongniart).
 - thériaires, (d'Omalius).
 - supercrétaces, (La Bèche).

Le mot thériaire exprime la même idée que celui de palaïomastonien mais d'une manière moins distincte.

En appliquant cette synonymie à la période suivante, celle-ci serait appelée quaternaire et néomastonienne, ou mieux encore anthropéenne comme étant signalée par l'avènement du genre humain.

Il eut été à désirer que la fixation de la mer à son niveau actuel put servir de ligne de démarcation entre les périodes tertiaire et quaternaire; mais la nature ne laisse point cet avantage à la méthode.

On est loin de pouvoir assurer que l'homme et les animaux n'ont paru sur la terre qu'après les derniers abaissemens de la mer.

Mais la période quaternaire n'en est pas moins désignée d'une manière très-distincte par l'analogie et l'identité de ses fossiles avec les espèces actuellement vivantes sur les mêmes lieux.

On a protesté souvent et avec plus de raison que de succès contre les dénominations empruntées à l'histoire du déluge mosaïque.

Il est évident qu'elles expriment non-seulement un rapport insuffisant, mais un faux rapport.

Comment le déluge de la Genèse pourrait-il servir de point de départ à une époque géologique, puisqu'il est avéré, d'après le récit même de Moïse, que la terre et la mer se trouvè-

rent après l'inondation universelle telles qu'elles avaient été auparavant, que les eaux reprissent leur ancien niveau, et que la terre fut peuplée des mêmes animaux, les hommes y compris.

L'homme et les animaux de l'âge actuel sont donc tout aussi bien anté-diluviens que post-diluviens ; et le cataclysme en question ne peut servir de ligne de démarcation entre les époques où ont vécu les palæomastoniens et les néomastoniens.

Cet autre déluge prétendu que quelques géologues placent dans un intervalle antérieur aux temps historiques, n'est qu'une supposition gratuite dénuée de toute autorité ; ainsi les mots de terrains diluviens, anté-diluviens, post-diluviens, ayant une acception différente sous la plume de chaque auteur, n'ont en réalité aucune valeur logique (1).

(1) M. N. Boubée me reproché dans *l'écho du monde savant*, de ne l'avoir pas cité en parlant du déluge des géologues, dont j'ai fait, dit-il, mon point de départ pour la période quaternaire.

Je n'ai jamais eu la pensée de m'attribuer l'idée d'un déluge des géologues, que j'ai cru appartenir aux écrits déjà anciens de MM. Cuvier, Brongniart, etc. ; et j'ai si peu songé à faire de cette doctrine mon point de départ, que je n'en ai jamais parlé sans la combattre.

La division des temps géologiques en quatre périodes se trouve ainsi éclaircie et légitimée par les rapprochemens exprimés dans le tableau ci-joint.

PÉRIODES.

Primaire . . azoïque ou prozoïque.

Secondaire. ammonéenne ou protozoïque.

Tertiaire . . paläiomastonienne.

Quaternaire néomastonienne ou anthropéienne.

Ces périodes se subdivisent en époques dont le nombre et les limites sont plus difficiles à choisir.

Le tableau ci-joint présente l'énumération et la série des terrains et des phénomènes dont nous avons à suivre l'examen.



CHRONOLOGIE GÉOLOGIQUE.



PÉRIODES.	ÉPOQUES.	SUBDIVISIONS DES TERRAINS.
Primaire ou azoïque.	{ 1. Des terrains 2. ———	inférieurs. supérieurs.
Secondaire. ou ammonéenne (1).	{ 3. Des terrains 4. ——— 5. ——— 6. ——— 7. ——— 8. ———	Protozoïques. { inférieurs ou houillers. { intermédiaires paciliens. { lisiaques. { moyens. oolitiques. { crétacés. { supérieurs.
Tertiaire ou palaïomastoniennne.	{ 9. ——— 10. ——— 11. ———	inférieurs. { marins. lacustres. mixtes. supérieurs. { marins. mixtes. lacustres. de comblement ou alluviens.
Quaternaire ou anthropéenne.	{ 12. anté-historique 13. historique.	

(1) M. d'Omalius a réuni sous le nom d'ammonéens les terrains secondaires moyens et supérieurs, mais les ammonites se trouvent aussi dans les inférieurs, ce qui justifie l'application de ce nom à toute la période.

P. S. J'avais publié ce tableau en tête de la géologie de la période quaternaire. Ici j'ai dû le reproduire avec ses développemens.

M. de La Bèche a réuni le lias à l'oolite , et a supprimé ainsi une des deux époques des terrains secondaires moyens.

Le nombre de ces époques n'a qu'un rapport fortuit avec celui des soulèvements des montagnes , selon la série conçue par M. de Beaumont. Le terme le plus ancien de cette autre série , correspond aux derniers temps de la troisième époque de ce tableau.

Dans celui-ci, l'histoire de la terre peut être embrassée d'un coup d'œil , et l'ordre des évènements y est fidèlement représenté dans les grandes divisions; c'est seulement dans les détails de quelques terrains partiels que peuvent se rencontrer des erreurs toujours réformables touchant l'ordre successif des phénomènes, soit d'éruption , soit de sédiment.

CHAPITRE XVII.

De la nomenclature des roches et de la minéralogie géologique.

LA nomenclature des espèces minérales a été fixée d'une manière admirable par le célèbre Haüy. Celle des roches est encore dans le

vague et ne comporte point le même degré d'exactitude.

En considérant les roches dans leurs masses et selon leurs rapports géologiques, j'ai cru apercevoir que les classifications anciennement usitées, avaient sur les nouvelles ce grand avantage d'être plus claires et plus simples. Les vieilles méthodes ne deviennent surannées que lorsqu'elles sont remplacées par de meilleures ; jusques-là il vaut mieux se borner à les éclaircir et les suppléer.

Je vais exposer en peu de mots les principes de nomenclature adoptés dans cet écrit, moins pour faire valoir une doctrine éclectique qui exigerait de grands développemens, que pour être dispensé d'expliquer à chaque pas le sens que j'attache aux termes dont j'ai préféré l'emploi.

Les roches sont ou d'apparence homogène, ou variées dans leur texture par un mélange de parties que l'œil peut discerner.

Le nom des premières dérive naturellement de l'espèce minérale qui prédomine dans chacune d'elles, et ce nom auquel peuvent correspondre plus ou moins d'espèces, doit être considéré comme générique.

Ainsi, les roches homogènes où prédominent

les caractères du quartz, du feld spath, du mica, du talc, de l'amphibole, du diallage, de la chaux carbonatée, reçoivent leur dénomination substantive des ces espèces bien connues et déterminées.

Les roches qui ne sont pas homogènes et qui échappent à ce mode de classification se trouveront plus méthodiquement dénommées d'après leur structure ou mode d'arrangement de leurs parties.

Toutes celles de cette classe se trouvent comprises et distribuées dans les six genres qui suivent :

Les granits ou roches aggrégées en grains cristallins.

Les schistes ou roches feuilletées, (phyllades).

Les psammites ou roches arenacées aggrégées en grains sablonneux, (grés, arkoses) (1).

Les porphyriques où les cristaux sont cimentés dans une pâte.

Les pséphites ou roches conglomérées en fragmens globuleux et roulés, (poudingues, gompholites).

(1) L'arkose participe à la fois du granit et du psammite.

Il y a aussi des granits et des porphyres schisteux, ou plutôt des schistes granitoïdes et porphyroïdes.

Les brèches ou conglomérats à fragmens anguleux. (Clastites).

A ces six genres dont le caractère est dérivé de la structure de la roche, se rattachent toutes les espèces qu'on peut trouver utile d'établir et qu'il est facile de distinguer les unes des autres, au moyen de la nomenclature binaire, sans fatiguer la mémoire par des noms arbitraires et qui n'ont aucune valeur étymologique.

Les noms adjectifs appliqués aux granits, aux porphyres, aux schistes, aux psammites, aux pséphites, peuvent être empruntés, soit à leurs qualités minéralogiques, soit aux rapports géognostiques, c'est-à-dire, aux époques auxquelles ces terrains composés correspondent.

Les mots de psammite protozoïque, houiller, poëcilien, liasique, oolitique, glauconien, offrent d'eux-mêmes et sans travail à l'esprit, des idées bien plus nettes que ceux de grauwake, arkose, grès bigarré, keuper, quader-sandstein, etc.

On évite aussi par ce moyen l'inconvénient de dénaturer la signification originaire des mots, et d'attribuer un caractère spécifique à ceux que leur étymologie fait génériques.

Ainsi toute composition de grains cristallins

de diverses espèces demeure un granit ; toute aggrégation arenacée , un psammite ; toute agglomération de graviers et de cailloux roulés , un pséphite. Il ne faut pas qu'un même mot puisse signifier plusieurs choses , ni qu'une même chose ait plusieurs dénominations.

La nomenclature , a dit très-judicieusement l'Aristote de notre siècle , est accablante pour la mémoire , et stérile pour la pensée , tant qu'une idée ne s'attache pas à chaque mot (1).

L'extrême simplicité de cette méthode ne doit pas prévenir contre elle. Ce n'est pas ici le lieu d'expliquer comment elle peut suffire à coordonner les immenses détails dont se complique la minéralogie des roches ; mais la suite de cet écrit fera voir qu'elle s'applique avec justesse à toutes celles que lient ensemble les rapports géologiques , et qu'elle n'en laisse aucune en arrière.

Quand une méthode suffit à son objet , elle est d'autant meilleure qu'elle est plus simple et plus brève.

Au demeurant , je ne me suis point refusé à l'emploi des dénominations nouvelles fondées

(1) Cuvier , *compte rendu des travaux de l'académie*. 1830.

sur d'autres principes, que l'usage et leur convenance ont déjà consacrées. Leur utilité ne peut être contestée si on les considère comme des abréviations synonymes de la nomenclature binaire, dont le principe s'applique à la minéralogie géologique avec autant d'avantages qu'aux autres branches des sciences naturelles.

LIVRE II.

DE LA PÉRIODE PRIMAIRE.

CHAPITRE I^{er}.

De la détermination de la période primaire.

LA période primaire est celle des terrains que l'observation autorise à considérer comme antérieurs à l'établissement des êtres organisés (1).

Or, il ne suffit pas pour qu'un terrain soit réputé primaire, qu'on le trouve dénué de tout mélange de produits organiques. Il faut que cet indice soit confirmé par l'ordre des gisements.

Ainsi certains granits qu'on rencontre super-

(1) La théorie huttonienne n'admet point de terrains primitifs, attendu que tous se renouvellent au moyen des mêmes matériaux; elle en admet de primaires et de secondaires, parce que ce renouvellement est assujéti à un ordre successif régulier; hors de cette hypothèse, les mots primitifs, primordiaux, primaires sont synonymes.

posés à des roches pétries de fossiles n'ont point le caractère de roches primitives, quoiqu'on n'y rencontre aucun débris d'origine végétale ou animale.

Ce sont d'autres granits disposés en grandes masses qui ont paru aux anciens observateurs servir généralement de base aux autres terrains.

L'antériorité de ces roches est maintenant mise en question; mais quoique la théorie des granits ait dû subir de grandes modifications, les faits généraux observés par les anciens ne sont point réduits au néant par les exceptions incontestables qui ont été plus tard reconnues.

Quelques auteurs ont poussé le scepticisme géologique jusqu'à contester l'existence des terrains primaires; mais puisque les terrains se sont succédés, peut-on concevoir une série qui n'aurait point un premier terme?

Si le globe terrestre a été jadis inhabité à raison de son excessive chaleur, il faut bien donner un nom aux terrains qui se sont formés pendant cette première période antérieure à l'établissement des êtres organisés. On ne peut donc révoquer en doute l'existence des terrains primaires. La question n'est pas de savoir s'ils sont, mais quels ils sont.

La base des roches stratifiées n'est mise à

découvert que dans les terrains soulevés, et on ne la discerne point dans tous ces terrains.

On n'a jusqu'à-présent rencontré au-dessous du granit massif des temps primaires, aucune roche différente de celles qu'on voit presque partout lui succéder, et qui sont composées des mêmes matériaux que lui, disposés en strates et en feuillets.

Si on considère ces roches sous le rapport de leurs élémens, on voit que la silice est dans toutes prédominante; qu'elle est associée dans les plus anciennes à l'alumine et à la chaux, et dans celles qui succèdent à la magnésie.

Les granits de la période primaire, ceux surtout de la deuxième époque, sont ainsi divisés en silicéo argileux ou micacés et silicéo magnésiens ou talqueux.

Cette distinction s'étend aux roches de la même période qui n'ont point la structure granitoïde et qui sont composées d'une matière homogène, ou d'une pâte qui sert de ciment à des cristaux disséminés.

Celles qui ont cette dernière forme sont appelées porphyres. Il y en a de silicéo argileux et de silicéo magnésiens.

Les roches homogènes et les porphyres se rencontrent quelquefois dans les terrains pri-

maires supérieurs, bien rarement dans les inférieurs.

Une combinaison silicéo argileuse et quelquefois magnésienne qu'on désigne généralement par le nom de schiste argileux, se trouve placée à l'extrême limite de la période primaire, mais ses premiers dépôts seulement, c'est-à-dire ses strates inférieurs, se rapportent à cette période. Leur formation se trouve prolongée très-avant dans les temps secondaires. C'est parmi les strates moyens de cette roche et dans les psammites contemporains, qu'apparaissent les premiers débris de corps organisés.

L'observation des terrains avait fait penser à Werner qu'il y avait des schistes argileux primitifs. D'autres géologues ont cru rendre la méthode plus parfaite en les excluant de la première période. Mais c'est en vain que nous voudrions plier aux règles de nos classifications artificielles, les opérations de la nature qui s'enchaînent entr'elles et n'admettent point de lacunes.

Toutes les grandes formations de terrains ont occupé une longue série de siècles.

L'apparition des êtres organisés s'est faite pendant l'époque où les schistes argileux se déposaient sous les eaux universelles. Ceux qui

avaient été déposés avant cette apparition appartiennent donc à la période primaire. Ils en constituent le dernier terme.

Cette distinction s'applique pareillement aux gneiss et aux schistes talqueux ou micacés dont la liaison avec les granits primaires est bien marquée, et dont néanmoins les derniers strates viennent quelquefois alterner avec des roches protozoïques.

Elle s'étend aussi aux dépôts de psammites les plus anciens qui alternent avec les schistes argileux inférieurs et sont dénués comme eux de fossiles organiques.

On peut ainsi se convaincre dès les premiers pas qu'on fait en voulant classer les terrains, que la nature en les produisant ne s'est point interrompue; et que la meilleure méthode géologique consiste, non à supposer des coupûres réelles qui n'ont point existé, mais à choisir parmi les artificielles, celles qui s'écartent le moins de l'ordre et de l'enchaînement des phénomènes.

Des géologues ont pensé que la période primaire avait eu aussi ses animaux, qui purement charnus ou gélatineux, n'ont pu laisser après eux les empreintes de leur ancienne existence. On a vu dans cette hypothèse un hommage

rendu à la providence divine (1), mais la providence me paraît fort désintéressée dans cette question, et ceux qui s'en font les interprètes ont coutume d'admirer beaucoup plus réellement leur propre sagacité, que celle du créateur.

CHAPITRE II.

De la division de la période primaire en époques.

D'APRÈS cet exposé, il est facile d'apercevoir dans la succession des terrains primaires, malgré leurs mélanges et leurs alternances, les indices de deux époques assez distinctes.

La première est celle des granits inférieurs massifs non stratifiés ou du moins dont la stratification est indiscernable.

La deuxième est celle des roches granitiques distinctement stratifiées, des granitoïdes soit micacées, soit talqueuses, stratifiées et feuilletées, et des porphyres silicéo argileux ou silicéo magnésiens.

(1) M. La Bèche, *manuel géolog.* pag. 568.

Il faut y joindre les schistes argileux, les psammites quartzeux et les roches calcaires dont le dépôt s'est fait avant l'apparition des êtres organisés.

Cette détermination n'est point arbitraire et hypothétique; elle est indépendante des théories relatives à la formation des granits et fondée uniquement sur l'observation.

CHAPITRE III.

Des terrains et des roches principales de la période primaire.

1^{re} ÉPOQUE.

LES roches à structure homogène ne s'y trouvent point, et les porphyres y sont très-rares.

ROCHES COMPOSÉES.

1^{er} Genre GRANIT.

Espèces 1^{re} Granit commun massif, quartz feldspath et mica.

Espèces 2^e Granit talqueux ou amphibolique
(syénite) à 3, 4 ou 5
parties (1).

2^e *Genre* PORPHYRE.

Espèces 1^{re} Porphyre à base de silex (2).
2^e ————— de feld spath.

III^e ÉPOQUE

ROCHES COMPOSÉES.

1^{er} *Genre* GRANIT.

Espèces 1^{re} Granits non stratifiés (3).
2^e *Id.* — stratifiés.

2^e *Genre* PORPHYRE.

Espèces 1^{re} Porphyre quartzeux. }
2^e ————— feld spathique. } la plupart
rouges.
3^e ————— globuleux, feld spathique.
4^e ————— talqueux (serpentine).

(1) Quartz, feld spath, mica, talc, amphibole ou tourmaline.

(2) Ou de quartz, de jaspe et autres roches siliceuses.

(3) Ce sont ceux qui ont pris la forme massive, quoique superposés aux gneiss et aux mica schistes.

- Espèces 5^e Porphyre talco-calcaire (ophicalce).
6^e ——— diallagique (euphotide).
7^e ——— amphibolique (diorite) (1).

3^e *Genre* SCHISTES.

- Espèces 1^{re} Gneiss ou granit schisteux micacé.
2^e ——— talqueux (granit
veiné) protogyne.
3^e Schiste micacé (mica schiste.)
4^e ——— argileux (killas, phyllades).

4^e *Genre* PSAMMITES.

- Espèces 1^{re} Psammite prozoïque ou primaire
(grauwacke).

ROCHES DE STRUCTURE HOMOGÈNE.

5^e *Genre* QUARTZ.

- Espèces 1^{re} Quartz en roche (quartzite).
2^e Quartzite jaspe.
3^e ——— silex.
4^e ——— argileux (phitanite).
5^e ——— micacé (hyalomiete).

6^e *Genre* FELD SPATH.

- Espèces 1^{re} Feld spath compacte (eurite weiss-
stein).

(1) Grunstein, ophite.

Espèces 2^e Feld spath lamellaire.
3^e — subgranulaire (leptinite).

7^e *Genre* AMPHIBOLE.

Espèces 1^{re} Amphibole lamellaire (1).
2^e — à grain terreux
(aphanite).

8^e *Genre* PYROXÈNE.

Espèces 1^{re} Pyroxénite (l'herzolite).

9^e *Genre* TOPAZE.

Espèces 1^{re} Topazosème de schneckenstein.

10^e *Genre* CHAUX CARBONATÉE.

Espèces 1^{re} Calcaire saccharoïde encaissé dans
le gneiss et le mica schiste.

11^e *Genre* CHAUX SULFATÉE.

Espèces 1^{re} Gypse saccharoïde ayant le même
gisement.

La présence de la plupart de ces roches dans les terrains primaires de la deuxième époque n'est pas généralement admise ; elles

(1) On a aussi appelé ophites plusieurs variétés de cette roche.

s'y trouvent en effet rarement et accidentellement et occupent au contraire beaucoup de place dans les terrains secondaires, non-seulement inférieurs, mais aussi moyens et supérieurs.

CHAPITRE IV.

Des terrains primaires inférieurs.

AU-DESSOUS des roches stratifiées et feuilletées les plus anciennes, on a souvent observé dans toutes les régions du globe terrestre des masses de granit dénuées de tout indice de stratification dont la base enfouie n'a pu être reconnue.

Malgré la différence des opinions systématiques, toutes les méthodes géognostiques, l'ascendante comme la descendante, viennent se terminer à ce terrain ou commencent par lui. Sa place dans l'ordre des gisemens est la même dans les deux méthodes. Ce granit massif inférieur est un agrégat cristallin composé principalement de quartz, de feldspath et de mica. Le mélange inégal de ces espèces produit plusieurs variétés dont le nombre est

accru par l'addition du talc, de l'amphibole, de la tourmaline et d'autres minéraux.

Les cristaux qui s'y trouvent aggrégés sont la plupart en fragmens cristallins sans formes régulières.

La dimension de ces fragmens est elle-même très-variable. On les voit quelquefois à l'état de sables agglutinés, comme dans le granitelle (1).

L'espèce ou variété appelée pegmatite, est au contraire formée par l'entrelacement de fragmens cristallins d'un ou de plusieurs pouces cubes et de lames de mica et de talc. En général le feld spath y fait la fonction de ciment.

Les cristaux du granit n'ont ni la même composition, ni le même degré de fusibilité ignée, ni le même degré de solubilité aqueuse. Ceux du feld spath sont à la fois les plus fusibles et la plus solubles.

La silice est la base presque unique du quartz; elle constitue à-peu-près les deux tiers du feld spath et un peu moins de la moitié du mica.

L'alumine, la chaux et la potasse sont al-

(1) Le granitelle ou granit arénacé, se trouve souvent en nodules enfermés dans les granits massifs, ce qui semble indiquer sa préexistence.

liées à la silice dans le feld spath, et en d'autres proportions, l'alumine et la potasse sans chaux, dans le mica. Il entre environ $\frac{1}{100}$ de fer oxidé dans la composition du feld spath et quinze fois autant dans celle du mica (1).

Les granits primaires situés au-dessous de tous les autres terrains, seraient demeurés enfouis et inaperçus s'ils n'avaient été soulevés et portés à la superficie par les évulsions souterraines. En effet on ne voit guère ces roches

(1) **TABLEAU**

Comparatif de la composition chimique du feld spath, du quartz et du mica.

	QUARTZ.	FELD SPATH.	MICA.
Silice.	97 75	67 79	47
Alumine.	50	15	20
Chaux.	0	6 25	0
Magnésic.	0	0	0
Fer oxidé.	0	1	15 50
Manganèse.	0	0	1 75
Potasse.	0	12	14 60

Eau et pertes, pour mémoire.

Cours de chimie, de Thompson, t. III, p. 349, 391, 410.

que dans les contrées montagneuses dont elles forment assez généralement la base et le noyau, et dont elles atteignent quelquefois les plus hautes sommités.

Ce ne sont pas seulement les grandes chaînes de montagnes qui ont pour base le granit. On le voit former de vastes plateaux ondulés dans les régions de hauteur moyenne, et plusieurs volcans ont fait leurs éruptions en traversant et recouvrant cette roche.

On la rencontre dans toutes les parties du monde dont le sol est montueux, et elle s'étend quelquefois sur la superficie presque entière de vastes contrées. La presqu'île de l'Inde en offre un exemple d'après les relations de MM. Macpherson et Turnbull-Christie.

Les observations plus récentes de M. Hardie ont confirmé ce fait important que le granit et le gneiss occupent dans cette presqu'île une superficie de 700 milles quarrés (1).

M. Tchaikouski, l'un des observateurs les plus récents, nous représente la chaîne de l'Oural assise sur le granit, et cette roche disposée

(1) Bulletin de géologie, 1834, avril, pag. 48. — Édimbourg, philosoph magazine et résumé géologique de M. Boué pour 1833, pag. 300.

en îlots flanqués de roches schisteuses (1).

En France, il y a bien peu de départemens montueux où on ne l'aperçoive sous la même forme, servant de base aux autres terrains.

Dans la Bretagne où les roches primaires ont été si bien observées par M. Boblaye, c'est toujours le granit commun qui s'enfouit au-dessous des autres roches granitoïdes, stratifiées ou feuilletées (2). Il en est de même en Limousin, en Auvergne et aux Cévennes.

M. de Humboldt, l'un des premiers géologues qui aient reconnu des formations granitiques postérieures à la première période, a pourtant signalé l'antériorité de cette roche dans la plupart des chaînes de montagnes, notamment au Riésen-Gebirge en Allemagne; dans la Scandinavie où elle est à-peine visible sous le gneiss; au sud-est de Rio-Bamba, dans le Pérou, et dans la Colombie entre les bassins de Rio-Cauca et de la Magdalena, où

(1) Résumé des progrès de la géologie en 1833, par M. Boué, pag. 300.

(2) Essai sur la configuration et constitution géologique de la Bretagne; *mém. du museum d'histoire nat.*, t. XV, pag. 64.

elle est recouverte par le gneiss et le mica schiste (1).

Cette situation inférieure est manifeste aux Pyrénées. Les témoignages de Palassou, Lapeyrouse, Ramond, de Charpentier et le mien sont unanimes sur ce point.

Je me réserve de traiter à part avec quelque détail dans l'un des chapitres suivans, l'examen des terrains primaires inférieurs des Pyrénées.

En Angleterre, Hutton et Playfair qui furent les premiers à rajeunir les granits, ont pourtant reconnu que les grandes masses de ces roches servent de base aux autres terrains, qu'elles forment l'axe central des chaînes de montagnes, et qu'on les voit partout s'élever de dessous les autres roches, même les plus anciennes (2).

Dans l'Écosse, où les granits et les syénites d'éruption forment tant de groupes distincts, M. Boué en a distingué sept principaux qu'il juge les plus anciens, comme étant recouverts par les gneiss ou les mica schistes (3).

(1) Essai sur les gisemens des roches, p. 69, 71, 76.

(2) Exposition de la théorie d'Hutton par Playfair, pag. 221, 283.

(3) Essai géologique sur l'Écosse, pag. 14 et 21.

On a cru autrefois assez généralement qu'une enveloppe granitique s'étendait sur tout le globe, au-dessous des autres terrains. Cette proposition n'a pu et ne peut être prouvée d'une manière directe; il est bien moins possible de démontrer qu'elle est fausse.

Ce qui est incontestable, c'est qu'aucune roche n'occupe aussi souvent que le granit une position inférieure, et qu'on n'a rencontré nulle part dans les excavations souterraines, des strates qui n'aient été trouvés fréquemment ailleurs superposés à cette base ordinaire des régions montagneuses. Tels sont les gneiss et les mica schistes.

Les premières méditations géologiques ont dû faire penser que dans la succession des terrains, l'un d'eux devait occuper le terme inférieur de la série; et jusqu'à nos dernières années, tous les observateurs s'étaient accordés à reconnaître ce premier terme dans les masses granitiques intérieures.

Une erreur de théorie peut devenir commune à plusieurs générations; nous en avons l'exemple dans le règne du phlogistique.

Mais il serait bien étrange qu'un fait d'observation généralement attesté par les fondateurs de la science géologique, se trouvât n'être qu'une illusion. Non, il n'en est pas ainsi. Les

faits anciennement établis subsistent indépendamment de ceux observés plus tard. Les faits ne peuvent se contredire comme les opinions et les systèmes.

M. de La Bèche dit que l'observation a fait renoncer à cette ancienne opinion, que le granit servait de base aux autres terrains; et il reconnaît pourtant qu'on voit souvent le granit alterner avec le gneiss qui lui paraît être la roche la plus ancienne (1).

La question se réduit donc à savoir quelle est celle des deux roches alternes qui est le plus habituellement inférieure; et puisqu'elles passent de l'une à l'autre, quelle est celle que sa masse, sa composition et ses formes, indiquent comme ayant été antérieure à l'autre.

Or, presque tous les observateurs s'accordent, même aujourd'hui, à reconnaître dans le gneiss et les schistes granitoïdes, des granits démolis et recomposés sous des formes nouvelles.

M. de La Bèche lui-même définit le gneiss, un granit stratifié (2).

En effet, un gneiss formé des débris du granit est chose facile à concevoir; mais on ne conçoit

(1) Mannel de géologie, pag. 581.

(2) Manuel de géologie, pag. 576.

point comment un granit se serait formé des débris du gneiss.

En y regardant de près , on peut se convaincre que c'est moins l'observation que l'esprit de théorie qui a modifié l'idée qu'on s'était faite de l'antériorité des granits. Il est rare qu'en réformant une opinion , on n'aille au-delà du but. Dès qu'il a été prouvé qu'il y avait des granits d'éruption , on n'a plus voulu en reconnaître d'autres , sans s'inquiéter de la nécessité de chercher sur l'écorce du globe un terrain non mouvant et consolidé d'une manière ou d'une autre , qui eut servi de fonds à la mer lorsqu'elle déposait les plus anciennes couches de sédiments. Or , si cet ancien fonds de mer antérieur au dépôt des gneiss et des mica schistes se trouve mis quelque part à découvert, il est de granit ; s'il demeure enfoui sous les roches les plus anciennement formées après la coagulation de l'écorce terrestre, ces roches sont encore des granits. C'est reconnaître l'antériorité des granits que d'admettre celle des gneiss et des mica schistes.

Les granits inférieurs atteignent quelquefois les sommets des grandes chaînes de montagnes. Plus souvent ces sommets sont composés de roches granitoïdes plus récentes , stratifiées et

feuilletées. Les plus hautes sommités des Pyrénées, celles des montagnes maudites et de Posets, sont formées de massifs exclusivement granitiques; elles dépassent 3400 mètres (1).

L'épaisseur de ces granits inférieurs mise à découvert par les escarpemens, est d'environ 2000 mètres. Quant aux roches enfouies de l'écorce granitique du globe, elles doivent se trouver sur divers points à plusieurs milliers de mètres au-dessous du niveau de la mer.

On s'est donc trop hâté de généraliser cette observation faite aux Alpes et dans quelques autres contrées, que les granits massifs inférieurs ne s'élèvent qu'à la hauteur d'environ 1200 mètres (2). Aux Cordillères, selon le témoignage de M. de Humboldt, les granits qui

(1) La plupart de ces sommets n'ont été observés que de loin; mais j'ai moi-même atteint en 1787 et 1789 celui du pic Quairat entre les vallées d'Oo et de la Lys, et celui de Caplongue voisin de Neigevieille, élevés l'un et l'autre à plus de 3100 mètres, et les ai trouvés formés de véritables granits massifs non stratifiés, mais fendillés en tous sens, et divisés en polyèdres irréguliers par l'influence des agens météoriques. Ramond a observé le même fait dans son voyage à Neigevieille.

Voyage au Mont-Perdu, pag. 23, 24.

(2) Tableau des terrains de M. Brongniart, pag. 338.

servent de base aux trachytes s'élèvent à-peu-près autant que les plus hauts sommets des Pyrénées (1).

Les groupes de granit pur du Tatra dans les Carpathes s'élèvent jusqu'à 2400 mètres (2).

Des géologues fort recommandables ne comptent pas les porphyres parmi les terrains primaires inférieurs, ce qui prouve au moins qu'ils y sont très-rares. Cette considération n'est point sans importance dans l'étude historique des terrains primaires.

CHAPITRE V.

Des théories relatives à l'origine de ces terrains.

AVANT les nouvelles découvertes de la chimie et les premières études géognostiques, la formation ignée des granits avait été proposée par Buffon d'après les considérations *a priori*. Leur origine neptunienne soutenue par Werner a ensuite prévalu pendant quelques années; mais

(1) Essai géognostique sur le gisement des roches, pag. 73.

(2) Beudant, voyage en Hongrie, t. III, pag. 16.

cette opinion est aujourd'hui presque abandonnée.

Suivant les neptuniens, les granits auraient été dissous par la mer universelle et ensuite précipités de cette solution.

Comme les géologues partisans de cette doctrine ont ignoré ou rejeté celle des soulèvements, ils ont été obligés de supposer une ancienne mer assez élevée pour que les plus hautes chaînes de montagnes aient pu être formées dans son sein par voie de cristallisation.

La dissolution des granits et des porphyres par les eaux de la mer, et leur cristallisation dans ce dissolvant, sont des hypothèses inadmissibles dans l'état actuel de nos connaissances.

Le seul argument des neptuniens qu'il ne faut pas perdre de vue, est celui de la loi de continuité qui lie ensemble les terrains aquigènes, de telle manière qu'il semble impossible d'établir une ligne de démarcation bien tranchée entre les granits massifs et les schisteux, puis entre ceux-ci et les autres schistes où sont mêlés des débris organiques. Les neptuniens allèguent avec quelque raison que la fusion ignée d'une part, et de l'autre la précipitation aqueuse, ne comportent guère des

produits intermédiaires et des passages de l'un de ces modes au mode contraire.

En effet, ces passages ne s'observent point dans les roches des temps tertiaires et quaternaires, dont quelques-unes bien manifestement ignées sont mises en contact sans liaison ni passage, avec celles de sédiments.

Cet argument est loin de justifier les théories de l'origine neptunienne des granits et des porphyres, mais on peut en déduire cette observation, que les théories géognostiques sont d'autant plus compliquées que les roches sont plus anciennes, et que nous ne saurions guère aujourd'hui nous faire une idée des effets mécaniques et chimiques d'une mer encore bouillante sur des matières fondues ou scorifiées, dont le remaniement pendant leur longue immersion a dû produire des phénomènes sans exemple dans les circonstances actuelles.

La haute température et l'agitation extrême de l'ancienne mer, qui n'auraient point suffi à lui faire dissoudre les masses granitiques et porphyriques, ont pu néanmoins la rendre propre à former des enduits, des cimens, des dépôts cristallins, et concourir ainsi à établir des passages entre les matières pyrogènes et les aquigènes.

On a appelé plutoniens, les terrains qu'on croit avoir été formés par la fusion ignée dans les anciennes périodes. Cette dénomination a même été appliquée aux trachytes et aux basaltes tertiaires, qu'on a voulu distinguer par cette dénomination des produits volcaniques du temps présent.

Mais ces trachytes et ces basaltes ont beaucoup plus d'analogie avec les déjections des volcans actuels qu'avec les granits et les porphyres secondaires et primaires.

La structure générale des porphyres, lorsqu'ils ne sont ni stratifiés ni feuilletés, diffère essentiellement de celle des produits d'une dissolution aqueuse. Leur origine ignée est au contraire indiquée par les rapports qu'ils ont dans leurs formes avec les roches fondues par le feu des volcans et même par celui de nos fourneaux.

Or, ces porphyres visiblement pyrogènes se trouvent fréquemment liés aux granits par des passages qui rattachent les uns et les autres à une même cause productive.

Werner a observé que la syénite zirconiennne, la plus belle et la plus cristalline des roches granitiques, se rapproche beaucoup des porphyres; et on sait maintenant que les laves

elles-mêmes dont la texture est porphyrique, sont le plus souvent formées d'un alliage de grains cristallins (1).

L'intercalation des granits dans les strates secondaires de diverses époques, est souvent accompagnée de tous les indices d'une formation ignée (2). Cette roche cristalline dénuée de tout vestige de corps organisés, se trouve comme injectée entre les terrains de sédiment où abondent les fossiles, ou épanchée au-dessus de ces terrains.

La structure en grand que certaines roches porphyriques doivent à leur origine ignée, est aussi commune à plusieurs massifs de granit, mais non à tous.

Les inductions qu'on peut tirer des analogies qui viennent d'être exposées, sont puissamment confirmées par la démonstration faite *a priori* de la fusion originaire du globe terrestre, et par l'impossibilité où sont les neptuniens d'expliquer la forme et les phénomènes de sa superficie, au moyen d'une dissolution aqueuse des matières siliceuses cristallines.

(1) Ce fait a été reconnu par M. Cordier.

(2) Je dis souvent et non toujours à cause de l'exception que font les granits neptuniens appelés arkoses.

Mais il est certain d'autre part que la structure de certains granits, même non stratifiés, peut se concilier avec le mode des formations aquigènes, non par voie de dissolution, mais par celle d'agglutination.

Des observateurs plutoniens s'accordent à reconnaître ce mode de formation dans les granits régénérés, appelés maintenant arkoses.

L'arkose granitoïde, a dit M. Brongniart (1), ne diffère du granit qu'en ce qu'elle est formée par voie d'aggrégation; d'où il résulte que des roches formées par ce moyen peuvent être prises pour des granits.

On ne peut rien alléguer de semblable en faveur de l'origine ignée des granits stratifiés et schisteux. Ni l'observation, ni l'expérience ne nous ont fait voir des roches fondues prendre en se coagulant la forme de strates régulièrement superposés les uns aux autres, ou de feuillets.

Quelques auteurs ont poussé le zèle de la théorie plutonienne, jusqu'à n'admettre aucune exception même en ce qui concerne les roches granitoïdes stratifiées et feuilletées.

Werner de son côté ne voyait à la surface

(1) Ann. des sc. nat., t. VIII, pag. 120.

du sol terrestre que des roches aquigènes. Les dikes porphyriques, les filons, les masses cristallines de toutes les espèces, et même les basaltes étaient à ses yeux des produits nep-tuniens.

Dans l'appréciation des phénomènes naturels, les opinions mixtes ne sont pas toujours vraies, mais il est rare que les opinions absolues ne soient en deçà ou en delà de la vérité.

Beaucoup de ces phénomènes sont évidemment mixtes. Leur explication est rendue plus difficile, par le zèle que mettent certains observateurs à plier tous les faits sous un système exclusif.

Dans les théories, on a presque toujours coutume d'errer par l'importance exagérée qu'on attribue à un certain rapport, en négligeant les autres. Presque tous les phénomènes de la nature sont complexes, et plusieurs causes y sont comprises; c'est notre science capricieuse qui tend à exclure arbitrairement tantôt l'une, tantôt l'autre.

Il est évident que des filons ont été remplis par des sublimations ou des injections souterraines; mais les dissolutions aqueuses et les alluvions en ont comblé d'autres. Les houilles, substances volatiles, combustibles, et

formées de débris végétaux dans des lagunes marines ou lacustres, sont essentiellement aquigènes et leur formation se trouve presque liée à des éruptions porphyriques, qui peut-être n'ont point été étrangères à la conversion des végétaux en charbon bitumineux.

Les roches ignées qui accompagnent un grand nombre de dépôts de gypse et de sel marin, ont pris sans doute beaucoup de part à la formation de ces masses salines, mais, on n'en peut exclure le concours de l'élément qui a fourni à ces sels leur eau de cristallisation.

Depuis la consolidation de l'écorce terrestre, des éruptions ignées et des sédiments neptuniens n'ont cessé de se produire; la plupart de ces roches ont été formées sous l'abîme des mers, et toutes, avant d'arriver à la superficie, ont eu long-temps à y séjourner.

Enfin, les roches stratifiées et feuilletées ont pu subir de grandes altérations par le contact des roches ignées et leur exposition à une haute température; mais cela n'autorise point à démentir leur origine neptunienne.

Ce sont là les faits primordiaux qui doivent être sans cesse présents aux yeux de l'historien de la nature.

Sa tâche est de discerner dans les monumens de ces anciennes périodes ce qui est provenu de l'une ou de l'autre de ces causes, afin de ne pas attribuer à une seule ce qui est résulté du concours de plusieurs.

Les roches granitiques sont ignées dans leur essence, et c'est par un remaniement postérieur de leurs débris, que plusieurs d'entre elles ont pu reprendre leur forme originaire, au moyen d'une agglutination aqueuse.

Les masses granitiques primaires inférieures sont-elles le produit d'un tel remaniement, ou représentent-elles l'ancienne superficie de l'écorce terrestre figée et rendue cristalline par le refroidissement, ou enfin proviennent-elles d'éruptions postérieures à cette consolidation? Voilà quel est le principal problème à résoudre dans la géologie historique de la période primaire.

CHAPITRE VI.

Considérations sur la théorie Huttonienne.

LA théorie de Hutton et de Playfair, qui a opéré une sorte de révolution dans la mar-

che des études géognostiques mérite un examen spécial.

Ces auteurs, loin de négliger le concours de l'eau et du feu, sont à leur manière aussi neptunistes qu'on puisse l'être, puisque, dans leur système, granits, porphyres, basaltes, tout ce que le feu a fondu et fait cristalliser aurait été préalablement déposé et stratifié par les eaux de la mer.

Ils supposent que toutes les roches du monde actuel proviennent des détritits d'un monde plus ancien.

Elles auraient donc été déjà fondues au moins deux fois, en subissant dans l'intervalle de ces fusions l'action destructive des eaux courantes qui les auraient ramenées, sous la forme de sables et de limons, dans le foyer terrestre allumé au fond des mers.

Ce foyer supposé constant et perpétuel, n'est point celui de l'hypothèse historique de Descartes, de Leibnitz, et surtout du Buffon.

C'est sans doute un grand avantage que celui de pouvoir considérer la chaleur souterraine comme un fait général indépendant de toute hypothèse; mais en se refusant à chercher les matériaux des roches ignées dans le noyau encore fluide du sphéroïde terrestre, il faut recourir aux

causes occultes ou à des combinaisons qui choquent tous les principes physiques et chimiques.

Cet ordre constant et perpétuel du renouvellement des terrains, est une supposition gratuite que démentent également la chimie et la géognosie. Aucune modification ignée ne peut convertir des dépôts alluviens en granits, ni même en faire des basaltes (1).

Playfair reproche sérieusement à Buffon d'avoir, dans sa doctrine, d'une terre qui a commencé par être brûlante et qui se refroidit, fait envisager dans un avenir quoique très-éloigné, l'extinction finale de la vie et du mouvement à sa superficie (2).

(1) M. Kéferstein vient de renchérir sur toutes les visions huttoniennes, en nous montrant les roches granitiques et granitoïdes d'une grande partie des Alpes, comme provenant des altérations ignées qu'a subi le flisch, espèce de terrain calcaire et marneux de l'un des étages secondaires supérieurs.

Bull. de géol. de Férussac, 1831, septembre, p. 211.

(2) Playfair fait dire aussi à Hutton que dans la chaîne des différentes espèces d'animaux et de végétaux, on ne distingue ni commencement ni fin.

Explication de la théorie, §. 118.

Cependant il attribue à l'homme la destruction des anciennes espèces de mammifères, ce qui suffirait pour prouver que l'homme est venu plus tard; mais

Cependant le refroidissement de la terre n'est pas moins démontré par l'observation, que la chaleur centrale; et puisque cette terre a été inhabitée, elle peut le redevenir.

Pythagore et Aristote faisaient le monde éternel; Kirwan a accusé Hutton et Playfair d'avoir voulu rendre la terre éternelle, en y établissant un ordre de choses permanent qui renouvellerait périodiquement et d'une manière indéfinie les terrains par les opérations alternatives de l'eau et du feu (1).

Playfair s'est pleinement justifié contre les imputations odieuses suggérées à Kirwan par l'acrimonie théologique. Il a cru sincèrement, rendre hommage à la sagesse et à la grandeur des lois divines, en appliquant à la géologie ces règles d'ordre et de continuité dont on a l'exemple dans les phénomènes de l'astro-

peut-on mettre en question aujourd'hui l'antériorité de ces grands pachydeymes dont les races sont perdues, des sauriens du lias et du grès bigarré, des trilobites des terrains intermédiaires?

(1) Nous ignorons, dit Playfair, combien de fois ces alternatives de destruction et de renouvellement se sont répétées. Elles forment une série dont nous ne pouvons voir ni le commencement ni la fin.

Explication de la théorie de Hutton, §. 118.

nomie physique. Le dieu de Playfair est le dieu infini; celui de Kirwan est fait à l'image de Kirwan.

Mais il est manifeste que les relations géognostiques sont d'un autre ordre que celles du système du monde, où les limites du passé et de l'avenir se dérobent à nos observations. Dans les phénomènes cosmiques, tout est constance, immutabilité; dans ceux de la géognosie, tout progrès ou déclin. La raison en est bien simple, l'univers se trouve infini dans nos conceptions; la terre est à nos yeux une chose finie.

Il suffit de considérer les roches ignées pour se convaincre que leur formation a été modifiée par le temps dans les masses et dans les formes; ce sont les huttonniens qui ont dit les premiers que les porphyres rouges étaient les whinstones ou les basaltes des temps anciens.

Il faut bien que les conditions qui président à la formation des terrains ignés, aient changé avec le laps des temps, puisque les terrains tertiaires et quaternaires ne nous offrent plus ni granits, ni porphyres quartzeux ou feldspâthiques, mais seulement des laves basaltiques et quelques trachytes.

Les roches pyrogènes s'enchaînent entr'elles

par des rapports qui attestent l'identité d'origine à-travers des âges différens. Elles portent aussi bien que les sédimentaires, les empreintes, non d'un renouvellement qui les aurait reproduites semblables à elles-mêmes, mais d'une succession diversifiée et coordonnée aux nouveaux élémens que le temps a introduit.

Ainsi la doctrine de l'origine ignée des basaltes, des trachytes, des porphyres, des granits est indépendante de la théorie huttonienne. La série variée et décroissante de ces formations s'explique beaucoup mieux par les altérations progressives du globe terrestre, que par son rajeunissement périodique.

A l'égard des terrains de sédiment, les huttoniens n'en admettent aucun qui n'ait été remanié et consolidé par le feu ; ils sont sur ce point aussi exclusifs que les neptuniens absolus qui ont fait du basalte une roche des sédiment.

Le principal reproche qu'ils adressent aux vulcanistes Buffon et Lazaro Moro, c'est d'avoir négligé ce rapport en ne faisant pas précéder la consolidation ignée des terrains par la précipitation aqueuse (1).

Les nouveaux huttoniens n'y regardent pas

(1) Explication de la théorie par Playfair, pag. 402.

de si près ; ils traitent les gneïss et les mica schistes de roches ignées , sans s'inquiéter si elles ont été antérieurement neptuniennes.

Il est facile de réfuter cette étrange assertion qu'aucune roche aquigène n'a pu être consolidée et durcie sans le concours du feu. La nature produit journellement sous nos yeux aux bords de la mer , dans des lacs et sur le passage des eaux courantes , des concrétions lithoïdes et arénacées , calcaires , et même sili-ceuses , qui égalent en solidité les marbres , les albâtres , les basaltes et les anciens psammites.

Si la consolidation des roches de sédiment avait été produite par les feux souterrains , comme rien n'aurait échappé à l'action d'un agent aussi puissant , il n'y aurait plus moyen d'expliquer l'alternance des roches compactes avec les dépôts argileux et marneux , non consolidés , qui paraissent s'être multipliés à mesure que les terrains ont été plus rapprochés du temps actuel.

On doit être surpris que deux hommes aussi supérieurs que Hutton et Playfair , aient pu concevoir et soutenir cette doctrine de la consolidation exclusive des strates par le feu. Toutes leurs inductions reposent sur ce principe imaginaire , qui , joint à la nécessité de chercher

dans les sédimens d'un monde antérieur les matériaux d'un monde actuel, leur a fait imaginer ce singulier expédient d'une palingénésie géologique.

Cette palingénésie est sans doute ce qu'il y a de plus ingénieux, de plus séduisant et de plus original dans la théorie de Hutton; mais c'est aussi ce qui s'accorde le moins avec l'observation.

Il y a des roches purement ignées, et d'autres purement aqueuses; mais celles que le feu a produites ont été rongées, démolies, quelquefois recomposées par les eaux, et celles dont l'origine est aqueuse, ont aussi quelquefois subi de graves modifications par les effets de la chaleur souterraine.

CHAPITRE VII.

*Des granits d'éruption et de ceux
d'agglutination.*

IL est démontré *a priori* comme *a posteriori*, qu'un système de roches non stratifiées a précédé le dépôt des premiers sédimens néptuniens, et nous avons à examiner si parmi ces

roches d'une première époque il s'en trouve aussi de neptuniennes.

Les phénomènes de la période secondaire ont prouvé que des roches granitiques avaient été formées par agglutination à la manière des psammites, et parmi ces roches à grains aggrégés appelées arkoses, celle qui est granitoïde, paraît souvent non stratifiée et liée par des passages insensibles au granit inférieur (1).

La période primaire a-t-elle eu aussi ses arkoses, et dans ces masses granitiques qui servent si souvent de base aux autres terrains, peut-on discerner plusieurs espèces de cette roche et y reconnaître les indices de divers modes de formation ?

L'observation des arkoses granitoïdes fait voir combien cette distinction serait arbitraire et impossible à obtenir par l'examen minéralogique. Il faut donc prendre nécessairement pour guides dans cette recherche les considérations géognostiques.

(1) A Aubenas, aux Ecouchets (Bourgogne), en Lorraine, en Alsace, aux Vosges.

Brongniart, *tableau des terrains*, pag. 261.

L'arkose du terrain houiller de la vallée de l'Orb ne diffère des granits pyrénéens que par la teinte rougeâtre de son feld spath.

Deux caractères principaux réunis ou séparés , la grande étendue des massifs granitiques et la stratification, me paraissent ne pouvoir convenir à des roches injectées, et désigner exclusivement des formations opérées par l'intermède des eaux.

On ne conçoit point comment des roches injectées sous la mer ou même au-dessus d'elle, auraient pu s'étendre à de grandes distances de leur centre d'éruption, de manière à recouvrir des espaces de plusieurs dizaines de lieues carrées. La disposition stratiforme sur une aussi grande étendue, est un caractère non moins exclusif des roches de sédiment.

Dans les terrains volcaniques les plus spatieux, nous voyons les roches d'éruption disposées en coulées ou plate-formes, dont l'étendue et l'épaisseur ont des limites assez restreintes, ou plutôt qui ne doivent leur étendue et leur épaisseur qu'à l'accumulation souvent répétée des mêmes produits.

C'est le propre au contraire des roches de sédiment ou des terrains remaniés par les eaux, d'occuper de grands espaces et de conserver cette uniformité, cette disposition régulière qui est l'indice d'une opération continue, unique et simultanée.

Tout paraît local et circonscrit dans les plus

grandes masses trachytiques et basaltiques, au lieu que celles du granit inférieur peuvent être, à raison de leur étendue, de leur position et souvent de leur stratification, assimilées aux principales roches de sédiment.

Les granits d'éruption sont au contraire bien reconnaissables par les caractères qui sont propres aux roches injectées. Ils ont pris comme elles en se figeant la forme de nappes, de dikes, de culots et de coupoles. Souvent ils se rapprochent des porphyres par la texture et la force de cohésion de leurs élémens, ainsi que l'a observé Werner. Les effets du retrait pendant la consolidation des ces masses ignées, y ont souvent engendré de grands blocs polyédriques, cubiques, prismatiques et même globuleux, ce qui les rapproche beaucoup des basaltes (1).

La stratification des granits est un indice non moins caractéristique de leur remanie-

(1) Ceux de Cornouailles sont généralement prismatiques.

Trans. philos. de la société de Cornouailles, t. III, pag. 208. — *Bull. de géol.*, 1830, janvier, pag. 25.

Au pic de la montagne noire près des Campmazes, le granit en grosses boules d'un à deux mètres, se délite en feuillets concentriques comme le basalte.

ment par les eaux, et le passage de ces strates à la forme schisteuse ou feuilletée complète la démonstration; car on ne peut supposer que des matières fondues aient pris cette forme en se coagulant.

M. Brongniart a judicieusement observé que divers accidens ont pu produire des granits neptuniens, comme à Lauffenbourg près de Schaffouse, mais qu'on ne peut au contraire concevoir comment des gneiss plutoniens auraient pu se former au milieu des granits (1).

En somme, les masses granitiques inférieures d'une grande étendue, ou représentent immédiatement l'écorce consolidée du globe terrestre, ou proviennent des détritits de cette écorce réaggrégés par les eaux.

Dans l'un et l'autre cas, les granits d'éruption y sont accidentels et locaux, ce qui tient à l'essence des roches injectées.

(1) Tableau des terrains, pag. 330.

CHAPITRE VIII.

Des porphyres de la première période.

M. BRONGNIART a émis cette opinion, qu'il n'y a point de porphyres antérieurs aux gneiss ; et comme il reconnaît l'antériorité de certains granits aux gneiss, il s'ensuit que ces granits ont aussi précédé les porphyres (1).

M. de Humboldt n'a vu aux Cordillères aucun massif porphyrique dont l'âge ne soit postérieur à celui des granits de la première époque (2).

Le porphyre appelé eurite (Westein) de l'Ertz-Gebirge , repose aussi sur les granits anciens ; et comme il n'est recouvert que de schistes primaires (3), on peut le placer indifféremment dans la première et deuxième époque.

(1) Tableau des terrains, pag. 345.

(2) Essai sur le gisement des roches, pag. 97.

(3) *Id.* , pag. 70.

Les propositions exclusives sont rarement exactes surtout quand elles n'expriment qu'un fait négatif. Le pic de Midi d'Osseau aux Pyrénées du Béarn, m'a paru, ainsi qu'à MM. Palassou et de Charpentier, composé d'un eurite ou porphyre feldspathique intimement associé au granit massif inférieur (1). Au demeurant, l'extrême rareté des porphyres dans l'étage primaire inférieur, conduit à-peu-près aux mêmes conséquences géologiques que le fait supposé de leur absence totale.

Si les porphyres, roches manifestement ignées, se rencontrent si rarement dans l'étage primaire inférieur, ne serait-ce point parce que les roches granitiques de cet étage appartiennent en grande partie à un autre mode de formation ?

La rareté des éruptions porphyriques dans la première époque, relativement à celles du granit, a cela de remarquable que dans les époques suivantes elles ont été très-fréquentes et celles du granit fort rares.

La structure des porphyres non stratifiés doit être considérée bien plus que celle des

(1) Essai sur la construction géognostique des Pyrénées, pag. 157.

granits, comme le type spécial des roches fondues et injectées;

Celles-ci sont exclusivement disposées en masses analogues aux nappes des laves, aux excroissances des trachytes, aux dikes des basaltes.

La pâte des porphyres les plus anciens est quartzéuse ou feld spathique; les cristaux disséminés sont de feld spath et de quartz dodécaèdre.

CHAPITRE IX.

Des théories de l'éruption.

LA théorie des éruptions granitiques et porphyriques, doit être déduite des faits antérieurs à la période primaire. Elle se trouve liée naturellement au principe de la fluidité originare du globe terrestre.

Le foyer et l'amas de matières fondues ou d'éruption, ne sont pas difficiles à découvrir dans une sphère dont le noyau encore liquéfié serait enveloppé d'une écorce conso-

lidée, épaisse seulement d'une petite fraction de son rayon.

Les causes qui ont fait et font arriver ces matières fondues à la superficie de la terre, ont été diversement interprétées.

On a pensé que le progrès seul de la consolidation du globe terrestre par le refroidissement, a dû suffire pour contracter et resserrer son écorce, de telle manière que les roches liquides qu'elle enveloppe se trouvant comprimées, ont réagi sur elle, l'ont rompue sur quelques points, et ont jailli à la superficie par les crevasses qui leur donnaient issue.

D'autres ont considéré que les roches d'injection étant toutes composées de métalloïdes oxidés, il est possible que leur oxidation se soit opérée subitement dans les entrailles de la terre, au moyen des irrptions accidentelles de l'eau de la mer ou des lacs intérieurs, et que ces irrptions dont il est facile de concevoir les récidives, aient produit de grandes explosions, soit en oxigénant instantanément par la décomposition de l'eau les matières métalloïdes et dégageant en même temps des torrens de gaz hydrogène, soit en convertissant l'eau en vapeurs par le contact des métalloïdes liquéfiés.

Ces deux théories ne se contredisent point, et le concours d'une cause générale et permanente avec des causes adventices dont le périodisme est irrégulier, s'accorde très-bien avec les phénomènes.

La compression toujours croissante du noyau fluide de notre globe, par l'épaississement et le retrait de son écorce consolidée, et l'introduction occasionnelle des eaux de la superficie sur ce brasier central, rendent non-seulement raison des phénomènes d'éruption et d'évulsion, mais nous expliquent aussi comment la fréquence de ces crises et le volume des masses injectées, ont été en décroissant à mesure que le refroidissement de l'écorce terrestre s'est opéré avec plus de lenteur et que les limites de la mer se sont resserrées.

Ceux qui se refusent à reconnaître cette diminution, s'appuient sur quelques faits particuliers mal appréciés, puisqu'ils se trouvent en opposition avec l'ensemble des phénomènes et la tendance des causes naturelles.

CHAPITRE X.

Inductions historiques sur les terrains de la première époque.

JE dois ici rappeler ce qui a été dit au chapitre IX du livre 1.^{er}, au sujet des temps et des phénomènes qui ont précédé la formation des terrains.

La mer, qui pendant la deuxième époque a déposé en feuillets les gneiss, les schistes micacés et talqueux et les killas, avait été auparavant, et durant plusieurs siècles, sans cesse agitée et bouillante. Elle avait pendant ce long séjour sur la croûte coagulée du globe terrestre, pénétré, divisé, brisé et trituré, les fragmens et les scories de cette superficie récemment consolidée.

Des éruptions fréquentes, mais non volumineuses à cause du peu de résistance qu'elles rencontraient pour soulever et crevasser l'écorce terrestre récemment coagulée, venaient offrir de nouvelles matières à diviser et à dissoudre en augmentant la chaleur et l'agitation des eaux de la mer.

Les oxides de silicium, d'aluminium, de

calcium et quelques autres s'y trouvaient probablement combinés, comme on les voit dans le granit, à l'état de quartz, de feldspath, de talc, d'amphibole et en cristaux aggrégés, plutôt que cimentés, c'est-à-dire à l'état de granits plutôt qu'à celui de porphyres. Cette conjecture est fondée sur l'ensemble des observations, et sur ce que les débris de roches porphyriques qu'on ne rencontre point dans cette masse inférieure, sont au contraire bien reconnaissables dans les grès rouges et les arkoses, dont l'agglutination a été postérieure à la période primaire.

Il est facile de prouver qu'une mer brûlante qui n'aurait pu tenir en dissolution la masse des granits, a été néanmoins apte à produire les phénomènes de démolition et de réaggrégation qui sont ici mentionnés ou supposés. On sait que la chaleur de l'eau bouillante est portée de 100° à 172°, par la compression de huit atmosphères, et par la compression de cinquante à 265°89 (1).

(1) La table des forces élastiques de la vapeur de l'eau et des températures correspondantes, a été dressée par MM. Dulong et Arago, d'après l'observation, jusqu'à la surcharge de 20 atmosphères; et par le calcul jusqu'à celle de 50.

Sous le poids de 20 atmosphères, l'eau devient

Sans entreprendre de déterminer quelle a du être la température des mers aux premières époques de la condensation des eaux atmosphériques, et en se bornant à cette hypothèse que le tiers ou le quart des eaux marines étaient encore maintenus à l'état de vapeur dans l'atmosphère, lorsque les terrains granitiques de la période primaire ont commencé à se former, c'est sous une mer comprimée par le poids de cinquante atmosphères et bouillante avec une chaleur de 260° , que se serait opéré le ramaniement des détritiques granitiques et leur agglutination par le ciment siliceux ou feldspathique qu'abandonnaient les eaux en devenant moins chaudes.

On peut induire de ces données préliminaires : 1^o Qu'à cette époque aucune partie superficielle de l'écorce terrestre coagulée après son oxidation, n'avait échappé aux érosions, aux battemens, et autres moyens de démolition d'une mer brûlante, répétés pendant un grand nombre de siècles ;

2^o Que cette démolition a jonché le fond

bouillante à 214° , 7 ; sous le poids de 50, elle bout à 265° , 89.

Mémorial encyclopédique, 1831, t. II, pag. 3.

de la mer de couches et d'amas fort épais, de détritits fragmentaires, de graviers et de sables;

3^o Que ces détritits de la roche pyrogène primordiale ont eu beaucoup d'analogie avec les grains quartzeux, feld spathiques, micacés, qui proviennent de la démolition du granit, la seule des roches connues à qui on puisse assigner cette situation primordiale;

4^o Que ces amas de sables et de fragmens cristallins provenant de l'écorce consolidée du globe et, à leur défaut, les granits de l'écorce consolidée elle-même, ont servi à la fois de matériaux et de base aux premières roches stratifiées ou sédimentaires.

5^o Qu'après la période de démolition par les eaux marines, quand celle de reconstruction est venue, les premiers terrains reconstruits les plus volumineux et les plus universels ont été ceux provenant de l'agglutination des détritits granitiques dont tout le globe était recouvert, qu'à ceux-là ont succédé des strates de ces détritits réaggrégés d'une manière plus paisible, et ensuite les gneiss micacés et talqueux où les mêmes matériaux plus atténués ont été déposés en feuillets.

Pour cimenter ces roches d'aggrégation et leur donner une force de cohésion égale à

celle des pierres les plus compactes, il a dû suffire que les milliards de toises cubes d'une eau bouillante aient tenu en dissolution deux ou trois millièmes de silice à l'aide des substances alcalines dont la présence est démontrée dans le feld spath et le mica.

Le feld spath, la plus soluble des roches siliceuses aggrégées dans la granit, est en effet celle qui sert de ciment à la plupart d'entre elles.

Les laboratoires de la nature nous offrent plusieurs exemples de pareilles solutions obtenues à des températures bien inférieures. Les eaux bouillantes des Geisers de l'Islande, déposent des concrétions quartzeuses à une chaleur qui ne dépasse guères 100°; et M. G. Makensie a évalué leur superficie à $\frac{1}{2}$ mille de rayon sur une épaisseur moyenne de plusieurs pieds. Des dépôts de silice gélatineuse sont abandonnés à l'issue des canaux de plusieurs eaux thermales.

Celles qui ont déposé le gypse et le sel marin dans les terrains secondaires, moyens et supérieurs, et qui paraissent avoir subi les effets d'une chaleur violente, y ont disséminé une grande quantité de cristaux de quartz très-réguliers, prismés ou dodécaèdres bipyramidaux, que leur dispersion dans les gypses hy-

dratés prouve n'être point provenus d'une fusion ignée.

L'énergie dissolvante des eaux sur la silice, même dans les époques géologiques la plus récentes, ne peut être mise en question. Nous ne voyons se produire aujourd'hui que quelques concrétions (1), mais les précipitations siliceuses de la période tertiaire et de l'époque crétacée, ont formé des couches épaisses et des dépôts volumineux.

Les eaux universelles de ces temps se rapprochaient beaucoup de leur température actuelle, mais les sources minérales et souterraines ont été alors probablement plus abondantes et plus actives qu'au temps présent.

Quand on considère le volume et l'étendue

(1) On a trouvé à Sappenrode (évêché de Munster), un fragment de roche siliceuse de 9 pouces sur $\frac{4}{4}$, ayant une cavité cylindrique occupée par un rouleau de petites monnaies du 16^e siècle. Ce fait est attesté par le prince de Galitzin et M. de Trebra.

Broislack, *institutions géolog.*, t. II, pag. 375.

Playfair n'a pas révoqué en doute l'existence des stalactites ou concrétions siliceuses, quoiqu'il attribue à l'injection ignée les silex de la craie et ceux des végétaux à-demi silicifiés. C'est-là un des paradoxes les plus étranges de la doctrine huttonienne.

des strates, du silex crayeux, et de celui à meulières déposés sous les eaux tièdes ou froides et circonscrites des lagunes et des lacs, peut-on être surpris qu'une mer brûlante et saline ait tenu en dissolution assez de silice ou de feld spath pour agglutiner les détritits granitiques, puis en stratifier quelques-uns, et en déposer à l'état schisteux les dernières parties?

On n'a pas même besoin pour l'explication de ce phénomène de recourir aux eaux souterraines de la période primaire.

La lenteur extrême et la longue durée de ces opérations rendent assez bien raison de cet état pâteux où l'on a supposé avec assez de vraisemblance que se trouvaient les granits quand les strates des gneiss leur été superposés. Ces gneiss ayant été ensuite rompus, pliés et disloqués, se sont mêlés en fragmens grands ou petits à la masse graniteuse inférieure encore molle et peu consolidée.

Tous ces argumens sont pleinement justifiés par le fait positif et incontestable des granits neptuniens de la période secondaire, appelés arkoses, qui, agglutinés au moyen des solutions et infiltrations aqueuses, présentent dans leurs couches inférieures le même aspect que le vrai

granit qu'elles recouvrent et avec lequel elles se lient de manière à rendre le point de séparation indiscernable (1).

Cette formation des arkoses prouve jusqu'à l'évidence que des roches granitiques compactes ont pu être formées sous les eaux universelles suivant le mode neptunien, non par la dissolution complète de leurs élémens, mais par la réagglutination de leurs détritns.

Si les mers peuplées d'êtres organisés ont été capables de fournir un ciment aux grains de l'arkose jusqu'au point de donner à cet aggrégat la forme granitique, avec quelle facilité les eaux de la première époque, bien autrement actives à raison de leur température et de leurs qualités salines, ont-elles dû produire des effets analogues sur les amas de débris qu'elles tenaient pénétrés et enveloppés?

Il suffit que la reconstruction des granits par l'agglutination aqueuse soit reconnue possible, pour qu'on doive attribuer à ce mode de formation une grande partie des granits

(1) *Voy. les mém sur les arkoses de M. Brongniart. Ann. des sc. nat., t. VIII, pag. 113, et tableau des terrains, pag. 263, au sujet de l'arkose de Romanèche observé par M. de Bonnard.*

inférieurs, puisque ce mode est le seul qui rende raison de la grande étendue des ces massifs et des passages de leurs roches à celles qui leur succèdent, stratifiées et feuilletées.

On arrive donc à cette théorie par les considérations *a posteriori* aussi bien que par celles *a priori* ; elle offre l'unique moyen de concevoir les liaisons des granits inférieurs, d'une part avec les roches ignées, et de l'autre avec celles de sédiment.

Le granit est le premier terme de la série des roches ignées. Il est aussi, dans ses passages à l'état de strates et de feuillets, le premier terme de la série neptunienne ; la contradiction apparente de ces faits principaux est dissipée par cette considération, que les granits d'éruption et ceux d'agglutination se trouvent réunis dans l'étage inférieur des terrains primaires.

Tant que les matières fondues et expulsées du foyer central n'ont éprouvé d'autre résistance que celle de ces amas de débris encore mobiles et mal aggrégés, elles ont dû les pénétrer et se répandre, soit au-dessus, soit au milieu d'eux. C'est seulement après leur consolidation et pendant le dépôt des schistes, que ces premiers terrains ont opposé aux évul-

sions souterraines des obstacles qu'elles n'ont pu vaincre sans produire de grandes ruptures et des soulèvemens permanens.

CHAPITRE XI.

De la concordance de cette théorie avec plusieurs phénomènes.

UNE lacune fort importante dans l'histoire des terrains, se trouve remplie par la théorie des granits réaggrégés, puisque sans elle on ne verrait aucun vestige de produits neptuniens, dans cette première époque où les eaux encore brûlantes étaient douées d'une aussi puissante activité.

Cette activité avant la stratification des granits et des gneiss, a dû s'exercer sur les amas de matériaux auxquels ces roches stratifiées sont superposées.

Les granits d'injection et d'épanchement sont faciles à distinguer des masses granitiques inférieures par les formes qui leur sont propres. Si ces masses avaient été elles-mêmes injectées

et épanchées, d'où viendrait ce contraste de leur mode de gisement avec les roches d'éruption qui les traversent et les surmontent; et pourquoi les roches d'éruption porphyriques y seraient-elles moins répandues que dans les terrains des époques suivantes?

Si le mode neptunien n'avait eu aucune part à l'aggrégation de ces masses, comment seraient-elles liées par tant de passages et de mélanges aux roches stratifiées et feuilletées?

Les granits à grands cristaux de feld spath rose et blanc, sont souvent, dit M. de Humboldt, aussi régulièrement stratifiés que l'est le calcaire secondaire (1).

Ces mêmes roches occupent aux Pyrénées et aux Cévennes des surfaces de plusieurs lieues carrées (2). Le mode neptunien indiqué par cette grande étendue et par la stratification, l'est peut-être aussi par la présence de ces grands cristaux si différens par leur volume de ceux de même nature qui sont disséminés dans les porphyres et dans les granits dont l'injection est manifeste. On sait que le feld spath est

(1) Humboldt, *essai sur le gisement*, pag. 77.

(2) Aux Pyrénées, dans les vallées de l'Aude et de la Tet; aux Cévennes, dans les départemens de la Lozère et du Gard.

de tous les élémens du granit le plus soluble ; ses molécules ont donc pu se réunir en grands cristaux au sein d'une pâte cristalline délayée par un dissolvant volumineux , c'est-à-dire par les eaux chargées de silice et de potasse , élémens du feld spath. Les exemples de grands cristaux dans les roches immédiatement ignées, ne se trouvent nulle part ; leur origine neptunienne est donc très-probable (1).

La roche granitoïde appelée pegmatite , où le feld spath est déposé en cristaux volumineux, se trouve rarement ailleurs qu'au voisinage des granits stratifiés et schisteux. En général , les granits d'aggrégation doivent se trouver moins compactes et moins cohérens que ceux d'injection. Ce défaut de cohérence est surtout sensible dans les régions où domine l'espèce porphyrique à grands cristaux de feld spath. Aux Pyrénées-Orientales et aux Cevennes, cette roche est généralement friable jusqu'à la pro-

(1) Les grands cristaux de feld spath ont été aussi observés dans les gneiss , roches dont le remaniement aqueux est manifeste. Ces cristaux, dit M. de La Bèche , enchassés dans le gneiss, à Dartmour, donnent à ce gneiss toutes les apparences d'un granit stratifié.

fondeur de plusieurs pouces. Les pluies la balayent et l'entraînent à l'état de graviers, laissant à découvert des nœuds informes, dont la cohésion s'est maintenue, soit que l'aggrégation ait été mieux cimentée par quelque cause accidentelle, soit que l'action ignée ait pris part à leur consolidation.

On voit bien aussi quelquefois les laves cristallines se décomposer à leur superficie en demeurant exposées à l'air, mais cette altération pénètre rarement au-delà de deux ou trois millimètres, et ne présente aucune analogie avec les phénomènes des granits désaggrégés.

Ce phénomène est au contraire très-fréquent dans les terrains d'arkose dont l'origine neptunienne n'est point contestée.

Il est inutile d'insister sur ce qu'une roche cristalline coagulée après sa fusion, est mieux liée dans toutes ses parties et plus cohérente qu'un conglomérat aggrégé par l'intermède de l'eau.

M. de Humboldt a communiqué à l'académie des sciences (1), la découverte faite par M. Seckendorf dans les montagnes du Hartz, de fragmens de granwake avec pétrifications, empâtés dans le granit; ce phéno-

(1) Séance du 17 septembre 1832.

mène s'explique très-naturellement, si ce granit est de la nature de ceux que l'eau a remaniés.

En résumé, la grande étendue des granits primaires inférieurs ne laisse que le choix de les considérer, ou comme faisant partie de l'écorce coagulée du globe terrestre, ou comme provenant d'une couche des détritiques de cette écorce que la mer a réagglutinés avant d'y déposer les premiers sédiments.

Cette dernière hypothèse est celle qui s'accorde le mieux avec les besoins de la théorie et les détails de l'observation ; car d'une part elle rend compte de l'emploi de ces amas de débris cristallins qu'on ne peut éviter de supposer, et de l'autre elle indique les passages des roches agglutinées à celles qui sont stratifiées et feuilletées.

CHAPITRE XII.

Du passage des terrains massifs aux stratifiés.

LA plus grande difficulté que présente l'histoire des terrains primaires, lorsqu'on attribue exclusivement à une fusion ignée la formation

des granits inférieurs, est celle qui résulte de la liaison intime et du passage insensible de ces roches à celles de même nature qui sont stratifiées et feuilletées.

Cette difficulté est pleinement résolue dans la théorie du remaniement de cette masse inférieure, par les eaux qui auraient agglutiné les amas de détritits cristallins en une couche épaisse et peu régulière, avant de stratifier les parties supérieures par une opération plus lente, et de déposer en feuillets les particules réduites en paillettes ou en sables.

M. de Buch, celui des disciples de Werner qui s'est ensuite le plus écarté de la doctrine neptunienne, avait auparavant très-bien apprécié et fait remarquer cette admirable progression qui lie ensemble toutes les formations stratiformes, depuis la plus récente jusqu'au granit le plus ancien (1), et qui atteste l'emploi d'un même procédé modifié dans chaque période par la qualité des roches, la température des mers et l'intensité de leur action dissolvante ou stratifiante.

En remontant la série des temps, on peut

(1) Bibliothèque britannique, t. XV, et Breislack, *instit. géolog.*, t. II, pag. 12.

suivre l'enchaînement des phénomènes de la stratification qui s'opèrent maintenant sous nos yeux, jusqu'à la plus ancienne des roches stratifiées, c'est-à-dire, jusqu'à cette assise de strates granitiques qu'on rencontre souvent superposée aux granits en masse, puis recouverte et mélangée avec les gneiss et les schistes micacés.

On a cru aussi remarquer des passages bien plus difficiles à expliquer entre des roches exclusivement ignées, telles que les porphyres, et d'autres qui paraissent être de même nature, quoique stratifiées et même schisteuses.

Ce phénomène fort rare s'observe plus spécialement à la suite des porphyres verts, talqueux, diallagiques et amphiboliques, dont les roches moins compactes et dures ont eu peut-être plus d'aptitude à être corrodées, triturées, et recomposées sous la forme sédimentaire par le travail des anciennes eaux. Au contraire, les détritits des porphyres rouges quartzifères remaniés par ces mêmes eaux, n'ont guère produit que les psammites, les pséphites et les brèches du grès rouge.

Les rapports qui lient ensemble les terrains ignés et les neptuniens dans les anciennes époques, proviennent sans doute de la fréquence

des éruptions et de l'activité dissolvante des eaux, dont les sédimens sans cesse interrompus par les éruptions ont dû se mêler aux produits du feu, et former avec eux non-seulement des terrains, mais en quelque sorte des roches mixtes. On pourrait classer parmi ces roches les porphyres à pâte calcaire et à cristaux de feld spath ou de quartz (1), les schistes rubanés talquens, les syénites du Mexique et de la Hongrie, qui, dénuées de parties calcaires invisibles, font néanmoins effervescence au contact des acides (2), et ces massifs de splugen observés par M. de Buch, où le mica schiste primitif passe insensiblement au porphyre feld spathique à cristaux de quartz et de feld spath (3).

Quant aux formations, il me suffira de désigner le groupe tout entier 22° de l'essai géognostique de M. Humboldt (4), où le calcaire noir, la grauwake, le quartz compacte,

(1) Calciphyre feld spathique de Brongniart. *Voy. Humboldt, essai le sur gisement*, pag. 117, 118.

(2) *Id.*, pag. 109, 116, 109 et 191.

(3) *Id.*, pag. 147.

(4) *Id.*, pag. 146 et 155, où sont décrites les couches parallèles du puits de tirage de la mine de Valenciana.

la lydienne, l'ampélite carburée et les porphyres verts, (grunsteins, syénite et serpentine), ont pu être considérés comme disposés en couches alternes ou subordonnées.

De pareilles associations rendent vraiment problématique l'origine de leurs roches; mais il ne faut pas perdre de vue que le passage d'une roche feuilletée à une roche compacte est facile à concevoir selon le mode neptunien, tandis qu'il demeure inexplicable par la fusion ignée et la coagulation.

Il est souvent arrivé que des roches stratifiées et même feuilletées ont subi de grandes modifications par les effets d'une chaleur ardente; mais il ne faut pas confondre, dans ces phénomènes, ce qui est d'origine ignée avec ce qui a été originairement neptunien.

CHAPITRE XIII.

*Examen géognostique des granits inférieurs
dans la chaîne des Pyrénées.*

LA chaîne des Pyrénées ayant été plus spécialement qu'aucune autre l'objet de mes études

géologiques, j'y puise les exemples qui me paraissent les plus propres à éclairer les questions de théorie inhérentes à cette histoire.

Dans la chaîne des Pyrénées, comme dans beaucoup d'autres, les masses granitiques se trouvent généralement inférieures aux autres roches (1). Quelques observateurs ont considéré ces masses comme formant un axe central, et d'autres comme formant seulement un axe latéral parallèle à celui de la chaîne totale. Cette disposition a été indiquée même par des auteurs qui n'avaient point en vue la théorie des soulèvements, tels que Ramond et M. de Charpentier. Ce dernier nous présente le terrain granitique comme formant une chaîne spéciale distincte de celle du centre, mais lui étant parallèle. Il la voit formée d'une série de protubérances qui se joignent par leurs bases (2).

Si ces protubérances occupant sur quelques points la crête centrale, se trouvent les unes au midi de cette crête sur le versant espagnol,

(1) Le granit a supporté ici comme partout ailleurs toutes les autres roches. Il est donc la roche la plus ancienne des Pyrénées.

M. de Charpentier, *essai sur la constitution géognostique des Pyrénées*, pag. 160.

(2) *Id. ibid.*, pag. 162 et 173.

et les autres au nord sur le versant français, il demeure évident que leur alignement ne peut être parallèle à celui de la chaîne.

Ce parallélisme n'existe point même dans le versant français où abondent les massifs granitiques qu'on y voit épars sans alignement régulier, comme des îles plus ou moins étendues dont les intervalles sont occupés par les roches schisteuses et calcaires.

On peut considérer la région orientale des Pyrénées toute entière comme ayant pour base un massif granitique à-peu-près homogène, que recouvrent ça et là les granits stratifiés et porphyroïdes, les gneiss, les schistes micacés, les schistes et trapps argillo-siliceux et quelques formations calcaires. La superficie de ce plateau à base granitique ne peut être évaluée à moins de 100 ou 120 lieues carrées. Il s'étend du nord au sud depuis la rive gauche de l'Agly jusqu'à la crête centrale, et de là pénètre en Espagne; de l'est à l'ouest, il se prolonge depuis les rameaux de l'arête du Mosset, entre les vallées de l'Agly et de la Tet, jusqu'aux bases des montagnes de l'Albe et de Fontargente qui séparent les affluens de l'Ariège de ceux d'Andorre. Les vallées supérieures de l'Agly, de la Tet, du Tech, de l'Aude, des deux

Ariéges d'Orlu et de Mérens, et des nombreux affluens de la Sègre, y sont excavés, soit dans le granit, soit dans les roches granitoïdes qui le surmontent et laissent souvent à découvert son gisement inférieur.

Dans la région de la Tet et du Tech, où prédominent les roches granitoïdes schisteuses, leur base granitique se découvre sur un petit nombre de points de la crête centrale, aux Albères, à Bellegarde, à la Preste où cette roche donne issue aux eaux thermales hydro-sulfatées, et dans les racines du Canigou entre Arles et le hameau de Leca.

Sur le penchant septentrional du Canigou, on ne voit dans les ravins jusqu'à une profondeur de 15 à 1600 mètres, que des mélanges de ces roches schisteuses avec les granits stratifiés ou massifs, non par alternats réguliers, mais en amas confus, où la proportion des blocs et des bancs granitiques s'accroît néanmoins à mesure qu'on se rapproche de la base de la montagne dont les sommets sont entièrement schisteux.

Cette grande arête du Canigou formant l'axe principal des Pyrénées-Orientales, et qui est dirigée vers l'O. S. O., coupe la chaîne centrale qu'elle domine de 500 à 600 mètres, et se pro-

longe en Espagne sur la rive gauche de la Sègre. Son alignement est d'autant plus régulier qu'elle est composée de roches stratifiées et schisteuses.

Cette régularité ne s'observe point dans le chaînon de la rive gauche de la Tet, où le granit se montre assez généralement à découvert, soit en plateaux informes ou stratifiés et porphyroïdes, soit en massifs injectés. Le point culminant de cette région est la vaste coupole du Mosset haute de 1236 toises, composée de granits sans strates et sans mica, mais amphibolique et stéatiteux, montagne dont la forme à courbure surbaissée et à surface unie, ne s'est reproduite nulle autre part dans le terrain granitique des Pyrénées. Les autres sommités injectées y sont disposées en pyramides fendillées et couronnées de débris.

La composition de la protubérance du Mosset prouve indépendamment de sa situation, qu'elle est le produit d'une éruption spéciale qui s'est opérée à-travers l'écorce granitique consolidée et la couche des granits agglutinés (1). Ses

(1) Nous aurons l'occasion de remarquer plus loin que ce soulèvement du Mosset paraît avoir précédé celui du terrain granito-schisteux du Canigou.

flancs et ses alentours dans les vallées qui en-
voyent leurs eaux à la Tet, à l'Agly et à
l'Aude, sont généralement couverts de granits
stratifiés et porphyroïdes dont la superficie se
décompose à l'air ; et dans la plupart des
ravins, la base granitique massive de ces gra-
nits stratifiés est mise à découvert. Les eaux
thermales de Molits viennent surgir au fond
d'un de ces ravins.

Aux sources de la Tet, de la Sègre du
Carol et de l'Aude, la superposition au gra-
nit des gneiss, des schistes micacés et des
killas, est mise en évidence de toutes parts,
et sous les formes les plus variées.

Le killas s'y montre d'abord épars çà et là
en couches peu épaisses dont quelques-unes
servent de fondement aux murailles de Mont-
Louis ; puis vers l'étang d'Aude, on voit ces
bancs peu volumineux intercalés dans la masse
granitique, s'épaissir et s'accroître en étendue
à mesure qu'on s'élève. Ils recouvrent ensuite
tout-à-fait le granit en formant les pyramides
du pic Peiric dont les strates s'inclinent vers
le nord.

Dans cette région orientale, peut-être est-ce
au Mosset seulement que les granits d'éruption
sont arrivés jusqu'au faite ; mais sur un grand

nombre d'autres points, et notamment dans la vallée du Carol, la roche granitique massive recouverte de schistes, présente cette structure compacte, cet aspect syénitique, et cet éclat cristallin qui semble appartenir exclusivement aux granits fondus et injectés.

Je m'éloignerais de mon but si je décrivais les autres massifs granitiques des Pyrénées avec le même détail que celui de la région orientale.

Aucun autre d'ailleurs ne peut lui être comparé sous le rapport de l'étendue, quoique plusieurs le surpassent en hauteur.

L'un d'eux occupe la crête centrale aux montagnes de Bassiés et d'Aulus entre les affluens de l'Ariège et du Salat.

Un autre bien plus spacieux occupe la même position, à l'origine des vallées de la Lys, du Go et de la Neste de Clarabide; celui-ci est mêlé de beaucoup de gneiss, mais le granit pur y forme plusieurs sommités.

Ce groupe se lie avec les deux grandes masses de Posets et des Maladettes, qui placées au midi de la crête centrale, surpassent en hauteur non-seulement toute la région granitique, mais aussi toute la chaîne. Les autres groupes jusqu'à la vallée d'Ossau s'écartent plus ou moins vers le nord du faite de la

chaîne; celui de Neigevieille près Barège est tout entier dans la région moyenne du penchant septentrional. Cette montagne dont la superficie n'excède guère deux ou trois lieues carrées, et dont la hauteur dépasse 1600 toises, présente tous les caractères d'un produit d'éruption ignée, à-travers un terrain de mica schiste dont les strates relevés s'appuient sur ses flancs.

Dans la vallée d'Ossau, l'injection est rendue encore plus manifeste par la colonne feldspathique ou porphyrique qui s'élève associée au granit jusqu'au sommet du pic du Midi.

Ainsi les Pyrénées offrent ce contraste avec les Alpes dans la disposition des terrains primaires, que les granits d'éruption ont atteint les sommités de la première de ces chaînes, et se sont élevés seulement dans l'autre à une hauteur moyenne, servant de base ou d'appui à des granits veinés ou schisteux dont la hauteur culminante est dûe au soulèvement et au redressement de leurs strates.

On peut induire de cette considération : 1.^o que les roches stratifiées et schisteuses étaient encore peu épaisses aux Pyrénées, quand les principales éruptions granitiques les ont rompues soulevées, et ont élevé plus haut que ces schistes

leurs cônes cristallins; 2.^o que les roches stratifiées et schisteuses qui forment les sommets culminans des Alpes, y ont atteint une plus grande hauteur, parce que les éruptions inférieures comprimées par l'épaisseur de tous ces strates et ne pouvant se faire jour nulle part, ont dû exercer une puissance évulsive beaucoup plus intense.

Ce qui confirme cette induction, c'est que l'un des soulèvemens des Pyrénées retardé jusqu'à la fin de la période secondaire, a exhaussé au-dessus des sommets granitiques voisins la masse calcaire de marboré épaisse de 15 à 1600 mètres.

Celle-ci a comprimé et retenu la roche granitoïde inférieure dont on ne voit que l'affleurement.

M. de Charpentier a cru reconnaître dans les granits des Pyrénées quelques indices d'une formation postérieure à celle des granits de la Saxe; mais, il ne les considère pas moins comme primitifs et antérieurs aux gneiss (1).

Ces indices sont les passages fréquens du granit au gneiss et au schiste micacé; ses mélanges au talc, à l'amphibole, au graphite, et sa texture en général moins cristalline.

(1) Essai sur la constitution géologique des Pyrénées, p. 160.

C'est qu'en effet, il y a, dans les Pyrénées, des granits non-seulement de plusieurs âges, mais aussi de plusieurs espèces les uns plus cristallins et d'origine immédiatement ignée, les autres probablement réaggrégés, moins compactes, et occupant de plus grands espaces.

CHAPITRE XIV.

Des eaux thermales du granit primaire inférieur.

UN autre phénomène du terrain primaire inférieur des Pyrénées, est accompagné de tous les indices d'une connexion immédiate de ce terrain avec l'écorce consolidée du globe terrestre.

Ce phénomène est celui des sources thermales hydrosulfatées qui ne sont nulle part aussi abondantes.

Ces sources bien différentes de celles des terrains secondaires et des volcaniques, jaillissent du granit inférieur ou de quelques strates superficiels dont ces granits sont recouverts.

D'autres dénuées d'hydrosulfates, mais plus salines et moins chaudes, prennent leur issue

dans les terrains calcaires superposés à la zone granitique. Il est assez probable que toutes proviennent des mêmes réservoirs et que les dernières ont été modifiées dans leur température et leur composition saline en traversant les terrains argilleux et calcaires où elles sont entrées en sortant des granits (1).

(1) Dans la vallée de l'Ariège, l'eau hydrosulfatée sort en torrens des granits d'Ax; et à la température de 75°. Trois lieues au-dessous, une source peu abondante d'eau saline vient surgir dans le calcaire secondaire d'Ussat, que les schistes micacés et argilleux séparent du granit.

Le même contraste s'observe dans les Hautes-Pyrénées, entre les eaux sulfureuses des granits de Barèges, St.-Sauveur, Caucérés et celles des terrains calcaires de Bagnères-de-Bigorre et de Cap Vern. Dans la région orientale presque toute granitique, plus de 70 sources hydrosulfatées jaillissent de ces roches. Les eaux des bains de Rennes et d'Alet plus chargées de sels, mais dénuées de soufre, viennent au jour dans un bassin de calcaire et de psammites de l'époque crétacée ou de l'éolitique.

Si cette abondance d'eaux thermales hydrosulfatées ne se rencontre point aux Alpes, c'est que les granits inférieurs s'y trouvent bien plus rarement à découvert; c'est que ces roches ne s'élèvent pas à la moitié de la hauteur totale de la chaîne, au lieu qu'aux Pyrénées elles occupent plusieurs des sommités principales.

Les sources thermales du granit inférieur sont spécialement caractérisées par la présence d'une petite quantité d'hydrosulfate de soude qui les rend très-odorantes, par un dégagement continu de gaz azote, et par le dépôt dans leurs canaux ou réservoirs d'une matière glaireuse, blanchâtre et azotée (1).

Le phénomène de ces sources n'est point expliqué, mais leur position exclusive dans le granit primaire, leur haute température, la simplicité et la constance de leur composition, doivent faire présumer que les réservoirs où elles se rassemblent, et les canaux qui les échauffent en y conduisant des vapeurs, sont situés à de grandes profondeurs dans l'enveloppe terrestre, et que cette enveloppe est granitique.

(1) Feu M. Anglada à qui nous devons le travail le plus complet sur cette matière, a examiné près de 60 de ces sources dans le seul département des Pyrénées-Orientales. Le même plateau granitique donne issue à plusieurs autres dans les hautes vallées de l'Aude et de l'Ariège.



CHAPITRE XV.

Des granits primaires supérieurs ou de la deuxième époque.

LES eaux universelles qui ont d'abord agglutiné d'immenses amas de détritiques granitiques au-dessus de l'écorce consolidée du globe, ont disposé plus tard les restes de ces détritiques en sédiments stratiformes, puis en schistes cristallins.

Les variétés des roches granitoïdes primaires stratifiées ou feuilletées sont innombrables, et l'étude de leurs relations offre un vaste champ à l'observation.

M. de La Bèche a justement fait remarquer que cette étude avait beaucoup plus occupé jusqu'à ce jour les minéralogistes de cabinet que les géologues voyageurs (1).

Les roches granitoïdes stratifiées, dit ce même auteur, passent de l'une à l'autre si bien, qu'il est impossible de donner des noms distinctifs aux différentes associations (2).

(1) Manuel géologique, pag. 571.

(2) Manuel géologique, pag. 571.

Ces passages , en établissant l'indentité d'origine des granits stratifiés et des schisteux , assignent aux uns et aux autres une origine neptunienne.

La question de la stratification des granits n'a été si long-temps agitée que par l'opiniâtreté qu'on a mis à vouloir que toutes ces roches fussent disposées de la même manière ; mais la nature se joue de nos exclusions , et quoique les indices de stratification soient rarement bien distincts dans les terrains granitiques , les exemples de granits stratifiés sont trop manifestes et trop fréquens pour qu'on puisse en contester la réalité.

Je crois inutile de récapituler tous ceux qui ont été cités par les auteurs ; mais je joindrai à ceux que M. de Charpentier a indiqué dans les Pyrénées , celui de la Pique des Barrans , comme pouvant servir de type à cette espèce de terrain.

Cette montagne se prolonge sur une étendue d'environ 4000 mètres , au pied de la Malahita ou Pic de Néthou , et auprès du gouffre où se perdent les eaux du glacier. Sa direction vers le N.-O. , qui est aussi celle de se dalles ou strates , et de ceux des calcaires cristallins de la Pique Fourcade situés dans le même

alignement, se trouve parallèle à la grande arête culminante des Montagnes Maudites; les lignes de superposition des strates redressés s'aperçoivent même de loin, et leurs ruptures étagées donnent aux pentes de la Pique des Barrans une apparence imbriquée.

Ici on ne voit point de gneiss ou granits schisteux. Les psammites (grauwakes) succèdent immédiatement aux granits stratifiés et sont liés avec eux par de courtes alternances (1). Dans d'autres localités assez nombreuses (le Canigou en est un exemple), où les gneiss et les granits sont mis en contact (2), la stratification de ceux-ci n'est pas moins visible, mais elle est peu régulière, et fréquemment interrompue par l'insertion et l'entrelacement des bancs de gneiss.

Les mélanges qui résultent de cet entrelacement des deux roches et les passages variés de l'une à l'autre, seraient plus que difficiles à concevoir, s'il n'y avait aucune analogie dans

(1) Mémoire sur la Montagne Maudite, adressé à l'Académie des Sciences en 1822; *journal de phys. décembre* 1822.

(2) Telle est aussi la formation du granit gneiss en Hongrie, selon M. Beudant; *voyage minéral*. t. III, p. 19.

leur mode de formation, et surtout si l'une de ces roches était un produit immédiat du feu, l'autre étant sédimentaire.

En général, c'est par les granits stratifiés que s'opère le passage de cette roche massive aux gneiss et aux mica schistes.

CHAPITRE XVI.

Des gneiss et des schistes micacés et talqueux.

Les plus anciens sédiments schisteux sont dûs au dépôt lent et régulier des lamelles de mica et de talc, qui, en se stratifiant dans un fluide imbibé de silice et de potasse, ont été saisies et aggrégées avec les détritons grenus ou pulvérulens de quartz, de feldspath et d'amphibole. Ces aggrégats ou granits feuilletés sont appelés gneiss. Il y en a de micacés et de talqueux. Les uns et les autres se rapprochent beaucoup des granits stratifiés par leur texture et l'éclat de leur cristallisation; les talqueux ont été long-temps et peuvent être en-

core considérés comme une simple variété de cette roche, veinée par le talc.

Les uns et les autres succèdent à des granits stratifiés ou même massifs et sont liés à ces roches par des passages indivisibles (1).

Une variété assez remarquable de gneiss micacé, se rencontre dans les Pyrénées-Orientales, notamment près des sources de la Sègre et de l'Ariège, aux pics Pedroux et de Fontargente. Ce gneiss glanduleux ou amygdalin est formé par l'aggrégation de fragmens ou nodules arrondis de feld spath, dont la dimension varie de la grosseur du pois à celle de la noisette, et qui se trouvent enveloppés de feuilletés sinueux et feld spathiques. Cette structure fait voir que des cristaux de feld spath détachés et isolés des masses auxquelles ils adhéraient, ont perdu leurs angles par les frottemens que leur a fait subir l'agitation du fluide où ils étaient ensevelis, et qu'ils ont été ensuite réaggrégés par le sédiment micacé et la précipitation lente d'un ciment feld spathique. Il est impossible de concevoir la formation d'une pareille roche par la voie ignée.

Quelles que soient les variétés du gneiss,

(1) La Bèche, *manuel géologique* pag. 576.

toutes portent les empreintes évidentes d'un remaniement par les eaux des détritiques granitiques.

MM. Hugi et de Studer ont observé dans les Alpes helvétiques des appendices cunéiformes d'une roche calcaire à bélemnites épais de plusieurs centaines de pieds insérés dans des masses des gneiss redressés avec elles. On s'est trop hâté, ce me semble, d'en conclure que le gneiss dans ce phénomène pouvait être assimilé aux granits d'injection et aux porphyres rouges, verts et noirs (1).

Cette conclusion serait à peine légitime, si c'était le gneiss qui se fut moulé dans les cavités calcaires, et non le calcaire dans celles du gneiss; mais les observations et les profils publiés ne font pas supposer une telle anomalie. La masse stratifiée du gneiss paraît avoir subi avant son redressement des déchirements et de profondes excavations qui ont été remplies d'un dépôt calcaire. Les éruptions des feux souterrains ont ensuite soulevé ensemble, et ont pu modifier le calcaire et le gneiss (2).

(1) Rapport de M. Desnoyers au bull. de la société de géologie, t. II, pag. 287.

(2) Dans une autre observation de M. Hugi, citée par M. de La Bèche, les bancs calcaires (lias) du Botzberg,

La doctrine de l'origine ignée des gneiss qui commence depuis peu à s'accréditer, ne repose que sur de semblables inductions tirées de quelques phénomènes spéciaux, équivoques ou accidentels. Il est aussi difficile de la concilier avec les observations générales qu'avec les lois mécaniques et chimiques ; les conjectures géognostiques ne dispensent point d'avoir égard à ces lois.

Les indices caractéristiques des roches sédimentaires peuvent se trouver effacés par l'action ignée, mais là où ils subsistent quoique altérés, l'origine sédimentaire de la roche ne doit point être révoquée en doute.

Breislack a cité quelques exemples de laves qui ont pris en se figeant la forme tabulaire et même à-demi schisteuse (1). De pareils faits aussi restreints, aussi isolés, ont été assujettis à des circonstances de temps et de lieux, qui

redressés et inclinés, sont recouverts immédiatement par ceux du mica schiste, et ceux-ci par le gneiss au-dessus duquel s'élève le granit massif. Ceci est l'exemple manifeste d'un soulèvement qui a fait décrire aux strates redressés un angle obtus, et les a placés dans l'ordre inverse de leur gisement original.

Manuel géologique, pag. 587.

(1) *Institutions géologiques*, t. I, pag. 380.

sont le plus souvent dérobées aux recherches de l'observateur.

Les phénomènes généraux doivent être rapportés à des causes qui puissent être réputées générales.

La géognosie que contredit la physique, est une fausse science.

Je crois inutile de répondre aux argumens où Breislack voit dans la situation verticale et dans le plissement des strates granitoïdes feuilletés la preuve d'une dissolution ignée, plutôt que celle d'une évulsion souterraine qui aurait soulevé, redressé et froissé ces strates lorsqu'ils étaient encore mous et flexibles sous la masse liquide qui les avait déposés.

Hutton et Playfair ont eux-mêmes reconnu dans la structure des schistes cristallins, les indices manifestes d'une précipitation aqueuse. C'est seulement la consolidation de ces sédiments qu'ils ont attribuée à une cause ignée, et ils observent qu'en les torrifiant, le feu souterrain n'a pas détruit les traces de leur origine sédimentaire (1). Ailleurs ils expliquent

(1) On ne peut voir mieux combinés nulle autre part que dans les gneiss et les granits veinés, les effets de la déposition par l'eau et ceux de la fluidité par le feu.

Explication de Playfair, §. 48.

comment les whin ou basaltes, dans l'état de mollesse, ont pu acquérir par la compression l'apparence des roches stratifiées (1).

On a supposé que les schistes granitoïdes ont été rendus cristallins par l'action ignée; mais si le feu les a fondus, comment sont-ils demeurés schisteux? S'il ne les a pas fondus, comment leur a-t-il fait subir la cristallisation ignée?

Les schistes granitoïdes ont été déposés par les mers brûlantes et ont pu subir de graves altérations par le contact et le voisinage des roches d'éruption; cela ne suffit point pour les convertir en roches ignées.

Les considérations générales qui doivent faire classer les roches schisteuses cristallines parmi les neptuniennes, sont : 1.^o leur analogie si parfaite avec les sédiments dont l'origine aqueuse n'est point contestée; 2.^o les passages gradués et insensibles des gneiss aux mica schistes; de ceux-ci aux killas, aux schistes argileux et aux grauwakes schisteuses; 3.^o le contraste si manifeste et si général de la structure de ces roches feuilletées avec celle des roches d'injection ignée disposées en veines ou filons,

(1) *Explication de Playfair*, §. 48.

en dikes, en domes et en coulées ou cheires.

Il est à propos de remarquer aussi que les gneiss et les schistes micacés, roches sédimentaires de la deuxième époque, se prolongent rarement et peu avant dans les terrains secondaires, et que les granits de formation ignée, qui reparaissent jusqu'à la 7.^{me} et 8.^{me} époque avec l'oolite et la craie, n'y sont plus accompagnés que par des arkoses. Ceci s'explique en considérant que les granits d'éruption de la période secondaire ont été trop disséminés et trop peu volumineux pour fournir des matériaux à de nouvelles formations de gneiss.

Les mica schistes qui viennent à la suite des gneiss et leur sont souvent parallèles, se lient avec eux par des passages et des alternats où le gneiss occupe le plus souvent la position inférieure (1). Il semble qu'après l'absorption et l'incorporation dans la roche sédimentaire des graviers et des sables feldspatiques et quartzes, les paillettes de mica se trouvant seules suspendues dans le liquide, se sont déposées à leur tour en se consolidant sans autre alliage que celui du gluten

(1) La Bèche, *manuel géolog.*, pag. 576.

feld spathique fourni par ce liquide. Cette roche abonde en nodules cristallins, de grenat, de macles, de staurotide, d'axinite et autres espèces minérales, dont plusieurs peuvent être attribuées à la sublimation ou à l'injection.

Le talc, qu'il n'est pas toujours facile de distinguer du mica, et qui s'est montré quelquefois associé aux granits de la première époque, est devenu un des élémens principaux de ceux de la deuxième.

On le voit d'abord se mêler au mica des granits en masse (1), puis le remplacer fréquemment dans ceux qui sont stratifiés, et ensuite faire passer ceux-ci à l'état schisteux ou de gneiss. Les Alpes Pennines sont couronnées d'un immense terrain de ces granits talqueux, stratifiés et veinés (2), dont les bancs les moins

(1) La substitution du talc au mica est déjà préparée par la présence d'une petite dose de magnésie dans le mica noir.

(2) Saussure avait donné à cette roche le nom de granit veiné. Jurine qui a reconnu sa composition talqueuse, au lieu de la nommer d'après cette qualité caractéristique, a imaginé pour elle le nom de protogyne, qui a ce double inconvénient d'indiquer un faux rapport, et de créer un genre pour ce qui n'est qu'une espèce, ou peut-être une variété.

anciens paraissent liés par quelques alternances avec des roches manifestement secondaires.

Ceci prouve qu'il faut éviter de déduire de certains rapprochemens des conséquences trop absolues, et que les roches schisteuses de même nature peuvent correspondre à plusieurs époques. En poussant à la rigueur les observations de M. Brochant sur les roches de la Tarantaise, les granits talqueux du Mont-Blanc appartiendraient aux terrains de l'époque protozoïque ou de transition. Les observations postérieures de M. E. de Beaumont rajeuniraient ces roches jusqu'à l'âge du lias (1); à la vérité, ce dernier rajeunissement est fondé sur la supposition que les gneiss talqueux ont été soulevés d'un seul coup à la fin de la période tertiaire avec toute la chaîne qui borde au midi le cours de l'Isère, jusqu'au pays d'Oisans en Dauphiné.

(1) Mém. de M. Brochant, *journal des mines*, t. XXIII, et de M. E. de Beaumont, *ann. des sciences nat.* t. XIV. pag. 113.

CHAPITRE XVII.

Des schistes argillo-quartzeux et de leurs psammites.

LES détritiques granitiques qui se trouvent en grains et en paillettes dans les gneiss et les mica schistes, sont atténués jusqu'à l'état terreux dans les schistes argillo-siliceux où on discerne encore quelques molécules de talc et de mica.

Ces schistes en général plus siliceux qu'argileux, alternent souvent avec des roches arénacées qui sont elles-mêmes souvent schisteuses. Les terrains fort spacieux qui en sont formés, sont appelés communément terrains de schiste et de grauwake.

C'est après les premiers dépôts de cette formation que commencent à se montrer entre les feuillettes des schistes terreux ou arénacés les premières empreintes des corps organisés. Elle est donc divisée par la méthode naturelle en deux sections dont la plus grande appartient évidemment à la période secondaire.

Les schistes et les psammites argilo-siliceux de la période primaire (1), ne diffèrent point assez de ceux de la période secondaire, pour qu'on puisse déterminer leur âge d'après la seule inspection minéralogique.

Les circonstances de gisement peuvent seules suppléer à l'absence des fossiles, et ce moyen est lui-même souvent équivoque à raison de l'irrégularité de ces dépôts; aucun indice de révolution soudaine et universelle ne se présente d'ailleurs entre ceux de la période primaire et ceux de la secondaire.

Le nom de Killas a été donné en Angleterre, dans la province de Cornouailles, à des schistes de cette espèce, qui paraissent appartenir à la période primaire. On en voit de semblables aux Pyrénées, qui alternent comme le gneiss

(1) Quelques géologues seulement ont admis une partie de ces psammites ou grauwares dans la période primaire, mais on ne peut se refuser à reconnaître que les plus anciennes de ces roches sont en général dénuées de débris organiques.

Voy. les institutions géolog. de Breislack, t. II, pag. 30.

Playfair a suivi les traces des roches arénacées jusques dans les terrains primaires les plus anciens, afin de prouver que ces terrains étaient eux-mêmes provenus du débris des roches antérieures.

avec le granit avant de lui succéder. On pourrait s'autoriser de cet exemple pour désigner par ce nom spécial, les schistes argileux primaires auxquels ne pourraient convenir les dénominations adjectives de micacés ou de talqueux. C'est dans ce sens que j'en ferai usage (1).

M. de Humboldt classe avec les schistes argileux primaires la grande formation de quartz chloriteux, appelé itacolumite, dans la province de Minas Géraes au Brésil, décrite par M. d'Eschwège. Ce terrain est stratifié, aurifère, et contient probablement les diamans. Il succède au schiste argileux primaire et le remplace quelquefois.

(1) On a donné aussi à ces roches le nom de phyllades, qui me semble au moins inutile. Ce mot et celui de schistes ont une même signification; l'un et l'autre indiquent une roche feuilletée et rien de plus. Pour distinguer ces roches entr'elles, il faut avoir recours à la nomenclature binaire, et désigner les espèces par des dénominations spécifiques adjectives. Le sens des mots schiste et phyllade est générique; il indique une forme commune à plusieurs roches de diverse nature. Tout ce qui est schiste est donc phyllade. Haüy a reconnu la présence du talc dans le killas, dont le nom, dit-il, a été proposé par Kirwan.

Minéralogie, t. IV, pag. 163.

Une roche semblable ayant les mêmes relations géognostiques, a été reconnue par M. de Humboldt dans les Andes de Quito, aux Savanes de Tiocaxas à 1600 toises de hauteur, et par M. de Buch dans le nord de la Péninsule Scandinave (1).

M. Maculloch a observé que les roches de quartz sont en général granulaires et arénacées, ce qui doit leur faire attribuer, selon M. de La Bèche, une origine plutôt mécanique (2) que chimique. Mais il est évident que ces deux modes d'opération se trouvent réunis dans toutes les roches neptuniennes de la période primaire, dont les molécules sont cimentées par un gluten siliceux. C'est l'abondance de ce gluten qui déguise dans quelques-unes le mode d'aggrégation de leurs molécules, et leur donne l'aspect compacte et homogène.

Les roches de quartz et d'argile, schisteuses ou granulaires formées sous une température ardente, ont ensuite subi partiellement des altérations ignées pendant les éruptions postérieures à leur formation. Mais ces altérations n'ont point suffi à effacer les indices de leur origine neptunienne.

(1) Essai sur le gisement, pag. 92, 94.

(2) Manuel géolog., pag. 573.

CHAPITRE XVIII.

Des roches calcaires de la deuxième époque.

PARMI les sédimens formés de détritns des roches granitiques, commencent à apparaître des roches calcaires carbonatées et sulfatées.

La chaux carbonatée saccharoïde se trouve intercalée en bancs plus ou moins épais et réguliers dans le gneiss et les mica schistes. On en voit beaucoup d'exemples aux Pyrénées. La texture toujours cristalline de ces roches est aussi le plus souvent schisteuse ; les lamelles spathiques y paraissent déposées en lits horizontaux , comme celles du mica et du talc dans les schistes granitoïdes.

Celles-ci se trouvent aussi quelquefois disséminées dans la pâte calcaire. D'autres masses bien plus considérables de calcaire cristallin , peu ou point stratifié , se trouvent dans cette chaîne superposées au granit ou aux schistes anciens , et non recouvertes.

Depuis que les expériences de J. Hall ont

prouvé que le carbonate de chaux fortement comprimé pouvait subir sans se décomposer une cristallisation ignée, on explique très-naturellement l'aspect cristallin des calcaires anciens par la température brûlante et la fréquence des éruptions des temps primaires.

Mais on a coutume d'attribuer exclusivement cet effet au contact immédiat des roches ignées, ce qui manque d'exactitude, car, indépendamment des couches enfermées dans le gneiss et les mica schistes, les masses cristallines non recouvertes sont souvent séparées des granits par d'épaisses assises schisteuses (1).

Tous les calcaires cristallins ne sont pas d'origine ignée, puisqu'il s'en trouve de cette espèce dans les terrains lacustres de la période tertiaire.

La craie cristalline des environs d'Angoulême n'est accompagnée d'aucun indice du voisinage des roches ignées, et on voit en Irlande cette même roche prendre l'aspect cristallin au contact des dikes de basaltes.

Les ressources de la nature sont très-variées, et nos systèmes exclusifs qui tendent à la restreindre dans ses procédés, sont peu philoso-

(1) C'est ce qui a lieu notamment à la grande arête de calcaire saccharoïde située entre les vallées de Suc et de Saleix près Vicdessos.

phiques. S'il s'opère dans les opinions géologiques quelque retour vers les idées neptuniennes, c'est qu'à l'abus de ces idées, dans le système Wernerien, a succédé celui des idées contraires. C'est le propre des sciences expérimentales de s'établir à la suite de plusieurs oscillations.

Les calcaires primaires sont souvent mêlés de feuillets talqueux ; on y rencontre quelquefois des cristaux de feld spath et d'amphibole blanc et soyeux ou trémolite.

Celles de ces roches qui sont intercalées dans les gneiss aux Pyrénées, ont le plus souvent conservé leur tissu schisteux. A la pique Fourcade elles sont adossées aux granits de la Malahita, et régulièrement stratifiées en bancs presque verticaux dirigés comme l'arête granitique au N.-O.

Ce sont les calcaires cristallins non recouverts, tels que ceux du port de l'Hers, qui ont le plus généralement perdu tout indice de stratification. Le défaut de compression par des masses supérieures y a peut-être contribué.

La formation des calcaires rendus cristallins par la voie ignée, s'est prolongée fort avant dans la période secondaire concurremment avec celle des dolomies dont les caractères particuliers paraissent dûs principalement à la présence de la magnésie.

Des dépôts de chaux sulfatée paraissent aux Alpes et aux Pyrénées remonter à l'époque des gneiss et des calcaires primaires. Celui de la Val Canaria , réputé d'abord primitif , est classé maintenant parmi les terrains secondaires inférieurs ou de transition. M. d'Aubuisson a vu au-dessus du village de Cogne , un dépôt de gypse mêlé de feuillet de talc , distinctement intercalé dans les schistes talqueux et micacés de la haute région alpine (1).

Auprès d'Arnavé , dans la vallée de l'Ariège , et au-dessous du village de l'Esquierde , sur la rive gauche de l'Agly , le gypse est déposé dans des cavités granitiques , et isolé de toutes les autres roches. Celui d'Arnavé est saccharoïde et parsemé de pyrites ferrugineuses. Celui de l'Esquierde est moins cristallin et plus schisteux.

Une condition essentielle manque à la détermination de l'âge de ces gypses , puisqu'ils ne sont pas recouverts.

On ne peut à la rigueur classer parmi les terrains primaires que des roches recouvertes par les gneiss ou les schistes micacés.

L'isolement de ces gîtes gypseux tend à les faire considérer comme des dépôts lacustres.

(1) Traité de géognosie, t. II, pag. 191.

On en peut dire autant de plusieurs de ces gîtes des terrains secondaires et de ceux de la période tertiaire généralement associés aux terrains d'eau douce, les seuls qui n'offrent aucun indice de l'influence des roches ignées.

Une question fort importante vient ici se présenter à l'historien de la terre. D'où vient tout cet oxide de calcium qui forme déjà de grandes couches dans les terrains primaires et qui occupe tant de place dans les formations postérieures ?

Cet oxide existe en trop petite quantité dans les roches granitiques, pour être provenu de leurs débris ; mais il faut considérer qu'étant soluble jusqu'à un certain point, il a dû rester long-temps en dissolution dans la masse des eaux universelles, d'où il s'est précipité en se combinant à l'acide carbonique.

La plus ancienne de ces précipitations et la moins abondante, s'est opérée pendant le dépôt des gneiss et des mica schistes où se trouvent enfermés les premiers bancs calcaires ; c'est par eux que commence cette série de tant de sédimens qui vient se terminer aux travertins déposés sous nos yeux ; non plus par les eaux universelles, mais seulement dans quelques localités par des eaux gazeuses.

CHAPITRE XIX.

Des terrains primaires supérieurs pyrogènes.

LES granits d'injection et d'épanchement, les porphyres feld spathiques et quartzifères, les porphyres verts talqueux diallagiques et amphiboliques, sont intercalés dans les terrains sédimentaires de la deuxième époque géologique.

La magnésie, élément caractéristique du talc, s'était déjà montrée dans ceux de l'époque antérieure, où elle est l'un des ingrédients du mica noir et du talc.

Les éruptions de porphyres feld spathiques et quartzeux ont précédé celles des roches diallagiques et amphiboliques dont la structure est porphyrique, et il est remarquable que les éruptions de ces dernières roches se soient prolongées concurremment avec celles des granits jusqu'à la fin de la période secondaire.

Les éruptions amphiboliques se sont même reproduites jusques dans la période tertiaire en se liant aux basaltes.

On a mis en question si les roches porphyriques ou pyrogènes vertes remontaient jusqu'aux temps de la période primaire. M. Brongniart les en exclut (1); il pense que leur formation ne remonte pas au-delà des terrains hémilysiens ou de transition, c'est-à-dire au-dessus de la période secondaire.

Les observations alléguées à ce sujet sont moins générales que locales; elles sont surtout relatives aux serpentines ou ophiolites de l'Apennin; mais M. d'Omalius a fait observer que dans les terrains du granit talqueux ces mêmes roches se trouvent non-seulement intercalées, mais liées et comme subordonnées au système principal (2).

Werner attribuait à des masses de serpentine, d'euphotide et d'amphibole, le même âge qu'aux gneiss et aux schistes micacés.

Aux Pyrénées, on en voit plusieurs gîtes qui ne peuvent être moins anciens (3). Aux Alpes, les masses serpentineuses du Mont Cervin et

(1) Tableau des terrains, pag. 351.

(2) Elémens de géologie, pag. 456.

(3) Celles du port et de l'étang de l'Hers, du pic de Gar, de Couledoux, voy. *l'essai de M. de Charpentier et les mémoires de Palassou.*

du Mont-Rosa paraissent contemporaines du granit talqueux stratifié.

La célèbre roche d'Intra, auprès du lac Majeur, qu'on a qualifiée de trapp primitif, est un dike amphibolique soudé au gneiss et au schiste micacé dans lesquels il est encaissé (1).

Dans les îles Shetland, M. Maculloch a observé les strates de l'euphotide alternans avec ceux du gneiss et des schistes micacés, chloriteux ou argileux (2).

Aux Cordillères, dit M. de Humboldt, la serpentine de l'Higuerote est en couches subordonnées dans le mica schiste; mais comme les mica schistes eux-mêmes ont prolongé leurs apparitions au-delà de la période primaire, l'âge de ces porphyres est sujet à contestation. Il est d'ailleurs certain que les roches porphyriques occupent beaucoup plus d'espace dans les terrains des premiers temps secondaires, où elles atteignent, selon M. de Humboldt, une épaisseur de 2 à 3000 toises (3).

Aux Pyrénées, les roches amphiboliques de la période primaire, celles appelées par M. de

(1) Breislack, *institution géol.* t. I, pag. 454.

(2) La Bèche, *manuel géol.* pag. 578.

(3) Essai sur le gisement des roches, p. 81.

Charpentier grunstein primitif, se trouvent fréquemment stratifiées avec les granits et les mica schistes. Ces grunsteins ont été même reconnus quelquefois schisteux (1).

Cette disposition stratiforme et schisteuse des roches amphiboliques ne se trouve plus dans les terrains de même espèce des dernières époques secondaires, c'est-à-dire dans ceux appelés ophites (2). Les formes caractéristiques de ces roches ignées plus récentes, n'ont subi aucune modification ; ce qui peut être attribué à la moindre efficacité dissolvante, érosive et stratifiante des eaux peuplées d'êtres organisés, comparativement à celles qui étaient encore bouillantes sous le poids de plusieurs atmosphères.

M. de Buch a observé dans les Alpes du splugen, le passage d'une roche porphyroïde au mica schiste, phénomène fort rare et dont l'Amérique si riche en porphyres n'a pas offert un seul exemple à M. de Humboldt (3). On a remarqué que l'eurite ou porphyre feld

(1) Charpentier, *essai sur les Pyrénées*, et La Bèche, *manuel géol.*, pag. 574.

(2) Charpentier, *id.*, *article grunstein et ophite.*

(3) *Essai sur le gisement*, pag. 86.

spathique, se trouve ordinairement subordonné au gneiss et au mica schiste (1); ainsi c'est seulement dans les époques primaires ou du moins très-anciennes, quand les eaux étaient encore douées d'une grande activité, que se sont opérées de semblables liaisons au contact des roches réputées les unes pyrogènes, les autres neptuniennes.

M. de Buch a fait aussi cette observation ingénieuse, que la couleur des roches porphyriques avait quelque relation avec leur âge (2). Le quartz, le feld spath, et peut-être l'amphibole, sont les principaux élémens des porphyres rouges; le diallage, l'amphibole et les roches magnésiennes prédominent dans les porphyres verts, et les porphyres noirs qui viennent les derniers, sont surtout composés de pyroxène, ce qui les rapproche beaucoup des basaltes.

Je n'ajouterai ici que quelques mots pour éclaircir la classification géologique des roches pyrogènes vertes; elles sont homogènes ou porphyriques.

(1) La Bèche, *manuel géologique*, pag. 575.

(2) Ces relations ne sont pas absolument exclusives, ainsi que l'a fait observer M. d'Omalius, *éléments de géol.* pag. 353.

Les homogènes sont le talc, la stéatite, l'argillolite, l'amphibole cristallin et l'aphanite, ou amphibole compacte et terreux.

On a donné à des roches porphyriques les noms de serpentine, d'ophite, d'ophiolite, vrais synonymes qui ayant une même signification étimologique, doivent être réduits à un seul mot, si on veut éviter la confusion.

Le moyen le plus naturel de distinguer entr'elles ces serpentines ou ophiolites, ou ophites, serait de considérer en elles quelle est l'espèce minéralogique prédominante, et de les désigner par les noms spécifiques de talqueuses, diallagiques, amphiboliques, épidotiques.

On a donné les noms de trappéennes, cornéennes, hornblende, à ces roches où domine l'amphibole et dont la texture est quelquefois porphyrique, quelquefois amygdaloïde, et les passages de ces roches au basalte se rencontrent fréquemment dans les terrains des dernières époques secondaires.

Toutes ces roches sont considérées par M. Brongniart comme hors de série. Cette expression a besoin d'être éclaircie. La succession des sédiments a été continue et sans lacunes (1).

(1) C'est-à-dire qu'il n'y a eu que des lacunes locales.

Les roches d'éruption n'ont au contraire apparu que par intervalle, au moins sur les mêmes lieux, mais ces crises et leurs interruptions, quoique inégales, ont été successives, et les recherches géologiques n'ont pas moins pour objet de fixer leur chronologie que celle des roches sédimentaires.

CHAPITRE XX.

Des espèces minérales disséminées dans les terrains de la période primaire.

JE vais indiquer succinctement les mélanges des espèces minérales avec les roches des deux époques de la période primaire, en suivant l'ordre de classification établi par le célèbre Haüy.

Les tableaux qui suivent sont tracés d'après les annotations de son admirable *Traité de Minéralogie*.

Espèces minérales, métalliques, non acidifères, intercalées dans les terrains primaires.

DANS LES TERRAINS DE LA PREMIÈRE ÉPOQUE.	COMMUNES AUX TERRAINS DES DEUX ÉPOQUES.	DANS LES TERRAINS DE LA DEUXIÈME ÉPOQUE.
Amphigène Triphane. Pétalite.	Corindon. Grénat. Pinite. Disthène. Amphibole. Gadolinite. Diallage. Talc. Émeraude. Epidote. Paranthine. Préhnite. Tourmaline. Feld spath. Quartz. Mica. Stilbite. Pyroxène.	Zircon. Cymophane. Helvin. Staurotide. Hyperstène. Péridot. Condrodite. Asbeste. Idocrase. Axinite. Wernérite. Authophyllite Cordiérite. Sodalite.

On voit par ce tableau qu'il y a bien peu et peut-être point d'espèces minérales disséminées dans les terrains de la première époque, qui ne se retrouvent dans ceux de la deuxième.

L'amphigène qu'on verra plus tard reparaître fréquemment dans les terrains volcaniques tertiaires, n'a été observée qu'une seule fois dans un granit des Pyrénées (1).

(1) Par M. Lelièvre dans la vallée de Gavarnie.

Traité de minéral., Haüy, t. III, pag. 68.

Le triphane et le pétalite qui ont été trouvés dans la Gangue granitique des mines des fer d'Uto, en Suède, pourraient bien appartenir plutôt à la deuxième époque qu'à la première (1).

Les espèces qui doivent être réputées principales à raison de leur influence sur la formation des roches et des grandes proportions où elles s'y trouvent, sont toutes communes aux deux époques; telles sont le quartz, le feldspath, le mica, le talc, l'amphibole, le grenat, le diallage, le pyroxène.

Les autres peuvent être réputées accidentelles, et comme le nombre des accidens a dû s'accroître avec le laps des temps, plusieurs de ces espèces qu'on n'a point observées dans les terrains de la première époque, ont apparu dans ceux de la deuxième.

Toutes ces espèces sont des combinaisons binaires, ternaires, quaternaires ou même quinaires de silice, d'alumine, de chaux, de magnésie et de quelques autres oxides métalliques; on conçoit que leur nombre n'est point limité, et que l'observation peut l'accroître journellement.

(1) Par M. Lelièvre dans la vallée de Gavarnie.

Traité de minéral., Haüy, t. III, pag. 136 et 391.

Espèces minérales acidifères.

COMMUNES AUX TERRAINS DES DEUX ÉPOQUES.	PROPRES AUX TERRAINS DE LA DEUXIÈME ÉPOQUE.
Chaux phosphatée. — fluatée.	Chaux carbonatée. — sulfatée. Strontiane carbonatée. Alumine sulfatée. — fluatée alcaline. — fluatée siliceuse. topase.

Ce tableau nous fait entrevoir que les acides phosphorique et fluorique ont précédé tous les autres, et que si l'oxygénation du carbone et du soufre s'est opérée avant la formation des premiers terrains, du moins les acides qui ont résulté de cette combinaison sont demeurés suspendus dans l'atmosphère jusqu'aux temps de la deuxième époque.

CHAPITRE XXI.

Des substances métalliques, combustibles, disséminées dans les terrains primaires.

ONZE substances métalliques ont été trouvées

dans les terrains de la première époque; et, outre celles-là, les terrains de la deuxième en contiennent six autres. Cette répartition est exposée dans le tableau ci-joint.

Substances métalliques de la période primaire.

DANS LES TERRAINS DE LA PREMIÈRE ÉPOQUE.	DANS LES TERRAINS DE LA DEUXIÈME ÉPOQUE.
Argent. Plomb. Cuivre Fer. Étain. Zinc (1). Cobalt. Manganèse. Molybdène. Titane. Scheclin.	Platine. * Or. * Argent. Plomb. Cuivre. Fer. Étain. Bismuth. * Zinc Cobalt Manganèse. Uran. * Molybdène. Titane. Scheclin. Tantale. * Cérium. *

On a essayé de classer par rang d'ancienneté les substances métalliques disséminées dans les

(1) Dans le granit de la cour vallée de Salat. *Essai sur les Pyrénées* de Charpentier, pag. 137. Les autres indications sont extraites du traité de minéralogie d'Haüy.

terrains de la première époque. Jameson a donné la priorité au molybdène , puis au titane , au scheelin , à l'étain , etc. Mais entre des roches aussi semblables à elles-mêmes que les granits massifs et les porphyres quartzeux ou feld spathiques , les indices de leur âge relatif sont souvent équivoques.

Quant aux substances combustibles , le graphite , où un peu de fer est allié ou plutôt mélangé avec beaucoup de carbone , est d'une date aussi ancienne qu'une substance métallique.

Le diamant , dont le gîte est encore peu connu , semble néanmoins associé à la roche de quartzite ferrugineux , appelée sidérocriste , qui appartient à la deuxième époque de la période primaire.

M. de Humboldt a observé aux Cordillères le soufre associé au quartz en grandes masses enfermées dans le mica schiste (1).

Le plus ancien des matériaux combustibles carboneux , l'anthracite a été trouvé dans les Pyrénées (2), lié à la formation des mica schistes. On reconnaît aussi sa présence dans

(1) Entre Guamote et Tiésan , près Alausi. *Essai sur le gisement des roches* , pag. 85.

(2) Par Ramond , *Voyages au Mont-Perdu*.

les schistes carbonifères qui paraissent antérieurs aux schistes argileux secondaires; c'est dans les plus anciens de ces derniers que l'anthracite paraît accompagné des empreintes des premiers végétaux dont le sol terrestre ait été ombragé.

CHAPITRE XXII.

Considérations sur la composition et la structure des roches de la période primaire.

C'EST un fait remarquable que les roches les plus anciennes, au lieu d'être homogènes dans leur composition et leur texture, ne s'offrent à nos yeux que sous la forme d'aggrégats et de mélanges cristallins de diverses espèces.

Les premières roches homogènes sont les calcaires saccharoïdes, dont le dépôt s'est fait avec ceux des gneiss et des mica schistes pendant la deuxième époque.

La dissolution aqueuse ne peut gueres produire que de précipités homogènes au moins en apparence. La fusion ignée est celle qui

engendre des masses de cristaux entrelacés dont la forme ne peut être imitée par le mode neptunien, qu'au moyen de l'aggrégation et de l'agglutination.

Les masses de quartzites où la structure arénacée est souvent déguisée, occupent beaucoup plus de place dans le nouveau continent que dans l'ancien, et y atteignent jusqu'à 1000 pieds d'épaisseur (1).

Les terrains d'alluvion dont on obtient par le lavage l'or, le platine et les diamans, proviennent de la destruction de ces roches. On y trouve encore dans les feuillets schisteux en décomposition les topazes et les euclases du Brésil.

La structure et le mode de gisement de ces quartz chloriteux, paraissent indiquer une origine neptunienne; mais on voit que leurs strates et leurs feuillets ont été pénétrés et modifiés par les émanations et sublimations ignées. Une chaleur capable de tenir ces quartz en fusion ne les aurait pas laissés se stratifier, et aurait, en fondant ou scorifiant les schistes alternes, détruit tous les indices de leur structure sédimentaire.

On sait combien le quartz est apyre ou infu-

(1) Humboldt, *essai sur le gisement*, pag. 92.

sible. Si de grandes masses de cette roche avaient été fondues par le feu central, on devrait surtout les rencontrer dans les terrains de la première époque. Elles seraient les plus anciennes, parce que leur fusion aurait exigé le plus haut degré de chaleur et qu'elles auraient été les premières à se coaguler.

Aucune analogie connue ne nous indique comment les granits de fusion ont pu être composés d'une aggrégation de cristaux dont la fusibilité est inégale.

Mais, parmi toutes les roches existantes, le granit est la seule qu'on puisse avec quelque vraisemblance rapporter à l'écorce du globe terrestre, consolidée avant la condensation des eaux atmosphériques.

Les roches ignées qui se forment sous nos yeux dans les volcans et les hauts fourneaux, ont beaucoup plus de rapport avec la composition apparente des porphyres, qu'avec celle des granits ; cependant l'analyse mécanique a fait découvrir aussi dans le basalte une aggrégation de cristaux.

On ne sait encore à quoi attribuer la succession et les passages des porphyres rouges quartzifères aux verdâtres, talqueux, diallagiques et amphiboliques ; mais une découverte

récente a jeté quelque lumière sur les rapports d'origine entre ces derniers et les pyroxéniques.

On a reconnu que les mêmes élémens minéralogiques étaient communs à ces deux roches et que leurs différences provenaient du plus ou moins de lenteur de leur refroidissement ou de leur passage de l'état fluide à l'état solide (1).

D'après cette donnée, les porphyres amphiboliques contemporains des anciennes époques où la température du globe était encore très-élevée, ont dû précéder les pyroxéniques, dont l'âge correspond à des temps plus modernes et à des températures plus froides. On observe d'ailleurs que les roches pyroxéniques associées aux gneiss sont peu volumineuses et plutôt verdâtres que noires.

Les expériences de M. Grégori Watt ont aussi prouvé que le basalte fondu et refroidi brusquement demeurait vitreux, et que son refroidissement lent donnait lieu, selon les autres circonstances, à la formation de basaltes globuleux et prismatiques (2).

(1) Observation de M. Gustave Rose, communiquée par M. de Humboldt à l'académie des sciences, 5 mars 1832.

(2) La Bèche, *manuel géolog.*, pag. 601.

Le feld spath et le quartz sont deux roches fondamentales des terrains primaires inférieurs ; le mica y joue un rôle secondaire et acquiert plus d'importance dans l'étage supérieur où abondent aussi le talc et l'amphibole. Toutes ces roches ou espèces minérales sont évidemment d'origine ignée, et quoiqu'elles ne se montrent guères isolées à l'état d'aggrégation, la plupart de ces aggrégats sont eux-mêmes des produits ignés, cimentés par la fusion ; mais l'eau en a aussi aggrégé et cimenté d'autres qui ont leurs caractères particuliers.

Il est évident que plus les terrains sont anciens, plus ils doivent avoir de rapport avec l'écorce consolidée du globe, laquelle est logiquement de tous les terrains le plus ancien.

Les roches neptuniennes ont toutes pour élémens, au moins en grande partie, les débris des terrains antérieurs. Ceux de l'écorce consolidée du globe ont dû servir de matériaux aux roches primaires, puis ceux des roches primaires aux secondaires.

C'est vers la fin de la période primaire qu'ont commencé à se montrer des sédimens arénacés et terreux avant-coureurs de la végétation.

Un autre phénomène dont les premiers exemples se trouvent dans les terrains primaires,

est celui de l'alternance des roches de nature différente, telles que les calcaires et les gneiss ou les mica schistes.

C'est sans doute à des courans particuliers que chacun de ces dépôts a dû sa formation. Mais les causes qui ont donné à ces courans des qualités aussi différentes, et celles qui ont rendu ces courans alternes, sont aussi difficiles à déterminer qu'à concevoir.

CHAPITRE XXIII.

*Considérations sur les substances combustibles
et métalliques primaires.*

LA plus ancienne des combinaisons du carbone, le graphyte, est probablement d'origine ignée, il est disséminé dans le granit en paillettes et en nodules (1). On le trouve aussi dans le basalte (2).

(1) Essai sur la construction des Pyrénées de M. de Charpentier, pag. 137.

(2) Ou Whinstone. Voy. Playfair *Exposition de la théorie*, 206.

La disposition de ce minéral dans des roches ignées, prouve qu'il s'y est formé par voie de sublimation.

Une pareille conjecture s'applique au diamant qui n'est autre chose que le carbone pur. Sa formation serait moins rare, moins mystérieuse, et peut-être moins inimitable, s'il avait été déposé par le dissolvant aqueux. Le quartzite ferrugineux, appelé sidérocriste, qu'on suppose être la gangue du diamant, est bien une roche stratifiée, mais la sublimation du carbone cristallin entre ses feuillettes peut être supposée avec beaucoup de vraisemblance.

Cette induction est confirmée par le gisement de l'or et du platine, récemment découvert dans les porphyres verts ou serpentines.

Dans les schistes carburés et les plus anciens anthracites, on ne peut méconnaître la structure sédimentaire et les indices du travail des eaux, qui, exerçant leur action érosive sur des carbures de fer injectés au milieu des granits, les ont divisés, atténués et mêlés aux feuillettes argilo-siliceux.

Le bitume, produit hydrogéné et d'origine végétale, s'est, dans la période suivante, associé à l'anthracite pour former la houille. La végétation a fourni au terrain houiller de grandes

quantités d'hydrogène et de carbone, l'un dû à la décomposition de l'eau d'irrigation, l'autre à la décomposition de l'acide carbonique répandu dans l'atmosphère.

Le plus ancien gîte des souffres a été trouvé dans les mica schistes (1).

L'origine ignée de certaines substances métalliques est surtout démontrée pour celles qui sont à l'état de régule ou non oxidées. Le mode neptunien ne peut les avoir mises en cet état.

Les oxides métalliques épars dans les granits y ont aussi pénétré par sublimation et par injection. Ils s'y trouvent, comme le graphite, disséminés en paillettes ou en nodules, enfermés dans des veines ou filons peu spatieux. Tels sont les gîtes métallifères d'étain, de plomb, de zinc, de fer et d'autres métaux ci-dessous indiqués, qu'on trouve dans les granits massifs inférieurs et dans les granits schisteux supérieurs.

La montagne de l'Esquierde, aux Pyrénées, vallée de l'Agly, offre un exemple curieux de cette disposition. Le fer oxidé et quelquefois oxidulé et magnétique, y est disséminé

(1) Humboldt, *essai sur le gisement des roches*, p. 76.

dans un granit porphyroïde souvent stratifié; et, au haut du village, s'élève en saillie une colonne informe produite par l'injection de cette roche à-travers le granit.

Les minerais de fer qui sont disposés en couches et en grands amas alignés dans les terrains de la deuxième époque, doivent sans doute leur première origine aux injections souterraines; car on ne peut supposer qu'ils proviennent d'une précipitation, soit atmosphérique, soit aqueuse, mais on n'en voit pas moins l'empreinte du travail des eaux et du remaniement de ces minerais, dans leur stratification quoique imparfaite, dans leur association presque constante à la chaux carbonatée, et même dans leur combinaison avec l'acide carbonique. En effet, cet acide ne se trouve fixé dans aucun des composés métalliques de la première époque. On y rencontre le fer oxidulé, oligiste, oxidé, sulfuré, mais non le spathique ou carbonaté.

Celui-ci au contraire associé au fer oxidé et hydraté, est disposé en couches ou amas parallèles aux strates des gneiss et des schistes micacés, dans lesquels on le voit intercalé avec le calcaire saccharoïde. Telle est la disposition des gîtes ferrugineux sur les deux versans du

Canigou , dont le noyau est probablement granitique, mais où le gneiss qui le couronne se montre entrelacé au granit jusques dans ses plus profondes excavations (1).

C'est dans le gneiss qu'on a exploité en Suède le fer magnétique en grandes masses de 20 à 30 toises d'épaisseur qui sont comme au Canigou associées aux calcaires grenus (2).

Les gîtes métalliques primaires ont tous une étendue bornée et circonscrite; ils ressem-

(1) Quelques gîtes de fer les plus voisins du centre du Canigou, tels que celui du Balat de Taurinya, ne contiennent que les espèces de ce métal oxidulé, oxidé et oligiste, tandis que le minerai spathique abonde dans les couches plus excentriques, soit vers le nord de Fillols, soit vers le midi près la tour de Batère. Au demeurant, aucun de ces dépôts ne m'a paru hors du terrain de gneiss et de mica schiste, auxquels ils sont non juxtaposés, mais intercalés. Le terrain calcaire dit de transition des bords de la Tet, est séparé du gîte métallique de Fillols par une épaisseur d'environ 2000 mètres qu'occupent les schistes graniteux. La disposition stratiforme de ces dépôts métalliques est démontrée par leur parallélisme, soit avec l'arête principale du Canigou dirigée à l'ouest, quelques degrés sud, soit avec une autre plus septentrionale dont le soulèvement s'est opéré dans la direction de l'O. N.-O.

(2) Humboldt, *essai sur le gisement*, pag. 72.

blent sous ce rapport aux roches d'éruption. Ils occupent aussi comme ces roches beaucoup moins d'espace que dans les terrains protozoïques. En Allemagne et ailleurs, le gneiss argentifère primitif est moins riche en métaux, dit M. de Humboldt, que celui de transition (1).

CHAPITRE XXIV.

De la température du sol terrestre pendant la période primaire.

L'OXIDE de calcium (la chaux), qui, dans les terrains de la première époque, se trouve combiné à d'autres oxides, et même aux acides phosphorique et fluorique, ne se présente à l'état de chaux carbonatée que dans les terrains postérieurs; et ce carbonate de chaux le plus ancien se trouve intercalé dans les sédiments du gneiss et du mica schiste.

Ce fait me paraît donner un premier indice de la température relative aux deux époques

(1) Humboldt, *essai sur le gisement*, pag. 72.

de la période primaire, et de la mesure du refroidissement terrestre qui a eu lieu pendant ce long intervalle.

L'expérience nous a enseigné que la chaleur nécessaire pour calciner les pierres calcaires et en exclure l'acide carbonique, est insuffisante pour décomposer les fluates et les phosphates de chaux; on peut donc induire du rapprochement des faits énoncés ci-dessus, que les terrains de la première époque où se trouvent ces phosphates et ces fluates, mais non les carbonates, étaient maintenus au degré de chaleur nécessaire pour empêcher la formation de ces derniers.

Un abaissement notable dans la température terrestre de la première à la deuxième époque, est ainsi indiqué par la présence et l'intercalation des dépôts considérables de chaux et de fer carbonatés au milieu des gneiss et des mica schistes. Ces dépôts sont stratifiés et quelques-uns schisteux; tout y décele sinon une origine neptunienne, au moins un remaniement neptunien.

Vers la fin de la deuxième époque, la température s'est trouvée réduite au point de ne plus mettre obstacle à la création et au maintien de la vie organique.

Son intensité pendant la première époque, peut être évaluée aux environs de 260.^o, qui auraient suffi pour prévenir la formation des carbonates, et qui auraient maintenu l'eau bouillante sous le poids de 50 atmosphères (1).

Cette évaluation fait supposer que le tiers ou le quart des eaux et autres substances vaporisables, étaient encore alors suspendues dans l'atmosphère.

Le terme inférieur de la température primaire peut être évalué à quelques degrés au-dessous du 100.^o, c'est-à-dire, de celui où l'eau se maintient bouillante sous les conditions atmosphériques actuelles.

En commençant l'histoire de la terre au temps où sa superficie déjà couverte d'eaux brûlantes était encore assez échauffée pour empêcher la fixation de l'acide carbonique, nous laissons en arrière l'immense intervalle des siècles écoulés depuis l'entière liquéfaction du globe, jusqu'au refroidissement de son écorce à 260.^o (2), et nous trouvons ensuite

(1) C'est aussi le degré du plomb mis en fusion suivant les observations de M. Biot.

(2) On a vu que M. Duhamel a évalué à 2000^o cette température de la superficie du globe liquéfié.

un nouveau refroidissement de 160.^o ou 170^o, correspondant à la durée des deux époques de la période primaire.

La formation des terrains azoïques ou prozoïques, ainsi commencée quand l'atmosphère était encore environ cinquante fois plus pesante qu'elle l'est aujourd'hui, se serait continuée jusqu'au temps où la condensation des vapeurs aurait réduit cette atmosphère à-peu-près à son poids actuel.

Je ne me dissimule point tout ce qu'il y a d'imparfait et d'insuffisant dans ces évaluations; je les propose seulement comme un tâtonnement dans une recherche toute nouvelle, qui conduira sans doute à d'autres données plus satisfaisantes. Peut-être le temps n'est-il pas éloigné où la loi du refroidissement du globe terrestre sera assez connue pour qu'on puisse appliquer avec certitude des nombres à l'estimation de la durée des périodes et des époques géologiques; en attendant disons avec Horace :

Si quid novisti rectius istis
Candidus imperti, si non his utere mecum.
Hon. epist. l. I. ep. vi.

CHAPITRE XXV.

Des soulèvemens du sol terrestre pendant la période primaire.

LES montagnes ont été formées par les soulèvemens du sol terrestre, puisque les couches stratifiées s'y trouvent redressées, et que dans cet état, elles sont quelquefois surmontées par les roches qui leur ont servi de base.

Cette considération n'avait pas échappé aux anciens. La théorie des soulèvemens fondée sur la dislocation et le redressement des roches, a été conçue non pas seulement au 17.^{me} siècle par Stenon et le docteur Hooke, mais deux mille ans plutôt par Epicure (1).

Tous les terrains sédimentaires ont été formés

(1) On lit dans la vie d'Épicure attribuée à Fénelon, que les anciennes révolutions du globe sont attestées par ces longues et larges couches de rocher dont les uns sont situés de travers, les autres du bas en haut, et d'autres de biais; *Abrégé de la vie des anciens philosophes*, pag. 423.

sous les eaux de la mer ou des lacs ; mais les lacs eux-mêmes n'ont pu commencer à exister qu'après l'exhaussement au-dessus de la mer des premières masses continentales ou insulaires.

Les plus anciens exhaussemens du sol remontent donc à l'époque où la mer recouvrait en totalité le globe terrestre.

C'est avec eux et par eux qu'a commencé la période primaire.

Les roches dont l'émergence s'est faite dans les anciens temps étant sorties du sein des eaux universelles , l'espace qu'elles occupaient dans le grand abîme, a dû être rempli par les eaux ; ainsi les premiers affaissemens de la mer ont dû coïncider avec ces premiers exhaussemens du sol terrestre.

Comme tous les terrains primitifs mis à découvert, une grande partie des secondaires et une moindre fraction des tertiaires portent les signes de l'évulsion de leurs roches, et d'une émergence produite par leur soulèvement ; il y a lieu de croire que ces exhaussemens et les affaissemens de l'Océan se sont succédés de siècle en siècle, pendant la longue durée de ces périodes.

Cette théorie de la formation des montagnes,

quoique si ancienne, a eu peu de partisans dans des temps peu éloignés de nous, où la préoccupation du système neptunien absorbait toutes les méditations géologiques. Aujourd'hui elle est si généralement admise avec le système plutonien, qu'il semble superflu de démontrer ce qui est d'ailleurs indépendant de tout système.

Les premiers géologues qui ont entrevu la théorie des soulèvements du sol terrestre, ont considéré comme les plus anciens de tous ces phénomènes, ceux de l'émergence des roches primaires qui constituent les noyaux ou les sommités centrales de la plupart des chaînes de montagnes.

Cette opinion a été récemment défendue et développée par M. Conybeare (1).

Un système tout-à-fait contraire a été préparé par M. de Buch, et soutenu par M. de Beaumont à qui nous sommes redevables de la grande popularité qu'ont acquise les doctrines relatives aux soulèvements des terrains.

Les inductions brillantes et hardies de ce géologue ne fussent-elles que des illusions, comme cela me paraît probable, doivent néan-

(1) *Annals of philosophy*, décembre 1830. *Ann. des sc. nat.*, t. XXII, pag. 173.

moins tôt ou tard conduire à la vérité par les suites du mouvement intellectuel qu'elles ont imprimé aux études géologiques.

Un premier aperçu nous a fait voir que l'histoire des évulsions terrestres commençait avec celle de l'émergence des terrains au-dessus du niveau des mers.

Il est peu vraisemblable qu'au temps où les eaux descendues de l'atmosphère ont achevé d'envelopper la terre et de se fixer sur son écorce attiédie, il soit demeuré à sa superficie des boursoufflures et des inégalités assez hautes pour que la mer ne les ait point recouvertes.

On ne conçoit guère comment une masse en fusion, quelle que soit son étendue, aurait, en se consolidant lentement, formé des aspérités hautes de plusieurs centaines de toises d'une matière fluide ou à-demi fluide toujours disposée à s'affaisser et à se niveler.

Ainsi nous n'avons probablement sous les yeux aucun monument géologique dont l'émergence soit antérieure à la réagglutination des détritiques granitiques ou aux éruptions contemporaines de cette époque.

Les évulsions du sol terrestre ayant commencé à se produire aussitôt que ce sol est

devenu solide, les premiers soulèvemens n'ont dû occasionner que de faibles irrégularités à cause du peu de résistance opposée aux forces évulsives par des couches encore minces et mal consolidées. Mais la période primaire embrasse un long espace, et il est facile de concevoir que si les évulsions de la première époque n'ont produit que des saillies d'éruption, celles de redressement ont pu atteindre une grande hauteur, vers la fin de la deuxième époque et du dépôt des gneiss et des mica schistes.

S'il n'y avait pas eu de soulèvemens pendant la période primaire, la secondaire ne commencerait pas par l'apparition des empreintes végétales terrestres, puisqu'il n'y aurait point eu de sol émergé pour supporter ces premiers végétaux.

Des plantes, des arbres, des forêts, ont existé avant la formation des sédimens où se trouvent leurs débris, et cette végétation n'a pu s'établir que sur des terrains déjà formés et émergés, c'est-à-dire sur ceux d'une époque antérieure.

Il est tout aussi évident que ces terrains ont été beaucoup plus considérables autrefois qu'aujourd'hui. Nous n'en voyons maintenant que les restes, puisqu'ils n'ont cessé de se dé-

grader depuis leur exhaussement, et que c'est de leurs débris qu'ont été formés immédiatement les dépôts sableux des grauwares et du terrain houiller, qui sur de grandes surfaces sont épais de 2 à 3000 pieds.

Ainsi, les terrains primaires ont précédé tous les autres, non moins par leur émergence que par leur formation.

La géographie du globe pendant les derniers temps de la période primaire, nous représente ce sphéroïde comme enveloppé d'une mer presque universelle, et cette mer comme parsemée de quelques îles de forme allongée, dont le nombre et le volume allaient toujours croissant, et dont quelques-unes étaient prêtes à se couvrir des premiers végétaux.

Les plantes qui ont laissé leurs débris dans les terrains de grauware et d'anthracite, n'ont pu végéter ailleurs que sur le sol de ces montagnes isolées et primitives, lesquelles sont devenues à la suite des nouveaux soulèvements et à mesure que la mer s'abaissait, les arêtes centrales des grandes masses terrestres continentales ou insulaires.

La longue chaîne des Pyrénées offre un des exemples les plus manifestes de cette ancienne disposition des lieux. On y voit que

pendant le dépôt des terrains tertiaires et des secondaires supérieurs, la mer occupait au nord et au midi de cette chaîne, d'une part, les vallées de l'Aude et de la Garonne, et d'autre part, celles de l'Ebre et du Douro. Il suffirait même aujourd'hui pour en faire une île que la mer fût plus haute de 2 à 300 mètres.

Si l'ancienne mer s'est élevée à 1500 ou 2000 mètres au-dessus du niveau actuel, c'est parmi les sommités qui dépassent cet horizon et sont exclusivement composées de roches primitives, qu'il faut chercher les restes de ces anciennes îles primaires qui ont fourni des matériaux aux terrains secondaires inférieurs.

La haute antiquité de la plupart des chaînes granitiques est ainsi démontrée par ce premier aperçu, car elles seules ont pu être les montagnes et même les terrains émergés d'une époque où il est prouvé qu'il existait des montagnes et des terrains émergés.

Les sédiments à empreintes végétales situés dans leur voisinage sont, il est vrai, peu considérables, mais aucune de ces chaînes peut-être n'en est dénuée.

Les roches primitives de l'Auvergne sont recouvertes immédiatement par les terrains d'eau douce; les roches secondaires n'y sont repré-

sentées que par le dépôt houiller (1), lequel n'a point été soulevé et paraît être d'origine lacustre. Comment cette vaste contrée granitique serait-elle dénuée de roches secondaires, si elle n'avait été exhaussée et émergée avant leur dépôt?

Le bassin de la Bohême présente les mêmes phénomènes, et a suggéré à M. Boué cette induction, que depuis la formation du terrain houiller, ce bassin est demeuré isolé de l'Océan (2).

Puisqu'il est démontré que la période primaire a eu ses montagnes, et que d'autre part on voit des masses de roches primaires distribuées en groupes culminans et en arêtes centrales dans toutes les grandes chaînes, on ne saurait méconnaître dans ces groupes et ces arêtes, sauf quelques exceptions, les produits des évulsions souterraines les plus anciennes.

Si on apprécie l'intensité des forces évulsives de chaque époque géologique, par la hauteur relative où ont été portées leurs roches

(1) Rapport de Cuvier sur les mém. de MM. Croizet et Jobert, *ann. des sc. nat.*, t. XV, pag. 218.

(2) Mém. géologiques, paléontologiques, pag. 55.

soulevées, ce sont les roches primaires de la deuxième époque (les gneiss et les mica schistes) qui ont atteint l'horizon le plus élevé ; cet horizon va ensuite s'abaissant successivement des secondaires aux tertiaires et quaternaires.

Ces forces perdant ainsi d'époque en époque leur intensité, ne produisent plus aujourd'hui que ces secousses appelées tremblemens de terre, si fatales à l'espèce humaine, et pourtant si faibles, quand on les compare aux bouleversemens antérieurs dont l'homme n'a point été le témoin.

Le décroissement des crises d'évulsion et d'éruption, depuis la formation des premières montagnes jusqu'aux phénomènes analogues du temps présent, est une conséquence naturelle du refroidissement progressif du globe terrestre et de la consolidation croissante de son écorce ; ainsi la théorie et l'observation conduisent au même résultat.

On s'accorde assez généralement à considérer le retrait que subit en se refroidissant l'écorce terrestre, comme la cause principale des éruptions de roches ignées, qui, violemment comprimées par le resserrement de leur enveloppe, y occasionnent des ruptures et s'échappent par ces nouvelles issues.

La conséquence la plus immédiate de cette théorie, est que les plus grandes évulsions souterraines ont dû coïncider avec les époques où le refroidissement et le retrait de l'enveloppe terrestre s'opérait avec plus de promptitude.

Or, ce refroidissement et la consolidation qui en était la suite, ont été d'autant plus rapides, que la terre était plus éloignée de la température ambiante. Ce refroidissement qui est à peine sensible aujourd'hui puisqu'il n'a pas excédé $\frac{1}{100}$ de degré en 2000 ans, peut être pourtant évalué à 9 ou 10°, pendant la période tertiaire, et à 70 ou 80°, pendant la secondaire. Il a dépassé probablement 100° dans la seule époque des terrains primaires supérieurs. Cette période est donc celle où la masse fluide du globe terrestre a dû éprouver le plus habituellement cette compression qui faisait jaillir à sa surface les granits et les porphyres.

Dans les hautes chaînes de montagnes, même les plus complexes, les arêtes centrales et les chaînons principaux sont rarement composés d'autres matériaux que de roches granitiques et granitoïdes, massives ou schistenses, toutes dénuées de fossiles organiques.

Les chaînons du second ordre sont en général formés de terrains secondaires inférieurs ou de transition, siliceux, argileux et calcaires, à texture cristalline, lithoïde ou arénacée.

Ceux qui occupent le troisième rang dans les chaînes dénuées de sédiments tertiaires, se composent de dépôts secondaires, moyens et supérieurs, tels que le muschel kalk, le lias, l'oolite, la glauconie ou craie.

Un dernier gradin est formé dans quelques chaînes par les roches tertiaires; les quaternaires n'occupent que des collines et les plaines.

Cette disposition générale des terrains se coordonne parfaitement avec l'échelle de leurs hauteurs relatives. Les faits qui dérogent à cet ordre de situation et d'exhaussement, sont accidentels et exceptionnels. Ce n'est point dans leur catégorie qu'il faut chercher la règle.

Quelques lambeaux secondaires de l'époque la plus récente, et un plus petit nombre de tertiaires, ont été portés par le soulèvement à de grandes hauteurs. On doit en conclure que la série des mouvemens convulsifs, capables de produire des montagnes, s'est prolongée jusques au-delà de la période secondaire; mais la rareté de ces exemples prouve aussi qu'ils appartiennent aux secousses les plus tardives

de cette longue opération évulsive, à laquelle n'ont point suffi les deux premières périodes de l'histoire du globe.

Cette manière d'envisager les soulèvemens du sol terrestre est un peu plus rassurante pour l'espèce humaine que les nouveaux systèmes où on nous représente les forces évulsives seulement comme endormies, en nous laissant dans l'expectative de quelque autre éruption pareille à celles des Cordillières et de l'Imalaya (1).

S'il n'existait aucune montagne telle que le Mont-Perdu des Pyrénées, et celles des Fiz et des Diablerets dans les Alpes, où des ro-

(1) Le déluge marin attribué au soulèvement des Cordillières, ne correspond pas davantage au déluge pluvial de Moïse, que la supposition de quelque récurrence diluvienne à la promesse divine toute contraire faite au genre humain. Le déluge de la Genèse n'est possible que par les moyens miraculeux qui y sont exposés. Si cette tradition est révélée, rien n'y doit être ôté ni ajouté; si elle n'est qu'un mythe national, une inondation locale suffit pour l'expliquer.

Dans tous les cas, l'hypothèse de M. de Beaumont est loin d'avoir écarté ce que cette tradition présentait d'incroyable. (La Bèche, *manuel géolog.*, pag. 661.)

Car il suffit de jeter les yeux sur une sphère terres-

ches glauconiennes ont été exhausées de plus de 2000 et 3000 mètres , on pourrait à la rigueur supposer que les mouvemens convulsifs des époques les plus tardives, en soulevant l'écorce terrestre recouverte de sédimens secondaires et tertiaires, auraient brisé, dispersé et fait disparaître ces bancs fragiles, en ne laissant à découvert que les roches primitives inférieures. Mais cette induction est ruinée par les exemples dont il est ici fait mention, et il demeure prouvé que les soulèvemens opérés dans les époques les plus récentes, ont produit des montagnes couronnées par les sédimens de ces époques ou de celles qui les ont précédées immédiatement.

Dès-lors les règles de la critique ne permettent plus d'attribuer à des temps quaternaires ou tertiaires les soulèvemens des grands massifs de roches primaires sur les sommités et les hautes terrasses desquels on ne voit pas même les restes des sédimens supérieurs ou moyens de la période secondaire.

tre, pour se convaincre qu'un bouleversement occasionné dans la mer atlantique par le soulèvement des Andes, aurait à peine inondé quelques vallées littorales à 1000 lieues de distance, et seulement quelques plages dans le bassin méditerranéen, au lieu d'atteindre les sommets des Pyrénées et des Alpes.

D'après les faits spéciaux observés aux Alpes et aux Pyrénées, il est hors de toute vraisemblance qu'un terrain primitif après avoir été recouvert de dépôts secondaires, ait pu être soulevé sur une superficie de plusieurs lieues carrées, sans emporter avec lui de grandes masses des strates superposés.

La multiplicité des arêtes, soit parallèles, soit obliques, dans une même chaîne, est l'indice manifeste de la pluralité de soulèvemens qui l'ont formée.

Les causes qui ont déterminé une première évulsion, ont dû souvent diriger les éruptions évulsives vers les issues ouvertes dans les terrains déjà soulevés. Ceci explique le parallélisme fréquent des arêtes soulevées sous une même zone de la superficie terrestre, à des époques éloignées l'une de l'autre.

Mais ce parallélisme est loin d'être constant et régulier. Les routes longitudinales qu'il aurait ouvertes aux courans fluviatiles, ont été interceptées de toutes parts par les nouvelles saillies des chaînons qui s'entrecroisent.

La diversité de ces crises a multiplié en les distribuant inégalement les dômes, les pyramides les cîmes allongées qui s'ajustent et se joignent sous divers angles.

C'est commettre une erreur grave que d'attribuer, parmi tant de soulèvements, les principaux effets à celui qui s'est opéré le dernier et qui a été ordinairement le plus faible.

Les strates déplacés par les soulèvements dont on distingue les indices sur le versant d'une chaîne, sont les uns faiblement inclinés, les autres redressés jusqu'à la perpendiculaire. Il s'en trouve qui surplombent au-delà de cette ligne et sont disposés en évantail; ces accidens de structure sont surtout fréquens dans les terrains primitifs. Les bancs de gneiss et de schistes micacés seuls ou adossés aux granits y sont souvent verticaux, ce qui prouve que l'action évulsive les a rompus non-seulement à la ligne du faite, mais aussi à leur base ou extrémité inférieure. La dernière de ces ruptures indique clairement la limite du terrain soulevé par la secousse spéciale qui en a redressé les strates.

Les soulèvements des régions centrales des chaînes de montagnes, ont nécessairement précédé ceux des régions annexes ou latérales, dont les roches secondaires ou tertiaires se trouvent appuyées en stratification discordante à des strates primaires verticaux, et quelquefois inclinés en sens inverse.

Le terrain primitif des Pyrénées se trouve, selon M. Charpentier, en gisement différent (non parallèle) avec celui de transition, quelquefois en gisement transgressif (1); le soulèvement de ce terrain a donc précédé les autres.

Une dernière preuve de la haute antiquité des montagnes primaires, se trouve dans les immenses amas de cailloux, de graviers et de sables quartzeux qu'elles ont produit, indépendamment des matériaux employés à la construction des grauwares et des psammites houillers.

La somme de ces débris non aggrégés formerait peut-être un volume égal à celui des masses de même nature qui sont encore en place.

C'était l'idée que s'en était faite d'Arcet le père, d'après ses observations sur les Pyrénées (2); et Dolomieu en avait porté le même jugement.

Ces observations sur les soulèvements de la période primaire, ne se concilient point avec la nouvelle théorie proposée par M. de Beaumont, qui circonscrit l'exhaussement de chaque

(1) Humboldt, *essai sur le gisement*, pag. 153.

(2) Discours sur l'état actuel des Pyrénées, prononcé au collège de France, 1776.

système de montagnes dans une crise spéciale, et distribue ces crises dans un petit nombre de périodes d'évulsion la plupart peu anciennes.

La discussion des faits postérieurs à la période primaire serait ici anticipée; mais nous devons examiner les axiômes majeurs et le principe d'un système qui dans son essence se rapporte à tous les âges géologiques.

L'auteur de ce système ne tient aucun compte de l'absence, au milieu des terrains exhaussés, des roches qui sont censées les avoir recouverts avant que s'opérât le soulèvement.

Il n'a égard qu'à deux considérations; l'une relative à l'âge des roches non déplacées qui bordent le terrain soulevé, et à celui de la roche soulevée la plus récente; l'autre à la direction de la ligne de soulèvement.

La théorie repose sur cette double induction: 1.^o que dans toute chaîne de montagnes, ou la chaîne entière, ou une partie distincte dont cette chaîne est composée, a été soulevée d'un seul jet et dans une direction déterminée; 2.^o que les soulèvements parallèles sont tous du même âge, soit dans une chaîne complexe, soit dans les chaînes séparées par de grandes distances.

Ces deux axiômes n'ont point été conçus

a priori. Aucune donnée synthétique ne pouvait faire présumer que le soulèvement d'un vaste terrain dont les roches sont de plusieurs âges, ait été simultanée plutôt que successif, ni que sa direction ait dû être subordonnée à l'époque où il s'est opéré.

Ces axiomes sont donc présumés émaner de l'observation ; mais nous n'avons sous les yeux d'exemples analogues à ces phénomènes, que ceux des terrains volcaniques soulevés, formés et déformés à plusieurs reprises ; et les produits de soulèvements isolés se réduisent à quelques excroissances pyramidales ou cratériformes. Or, quand même on admettrait qu'une collection ou un système de plusieurs de ces saillies a été exhaussé d'un seul jet, on ne pourrait en déduire légitimement que tous les autres se sont opérés de la même manière ; ce serait conclure du particulier au général. De même, si on venait à découvrir que deux chaînons voisins ou éloignés, se trouvant parallèles, ont été soulevés en même temps, on se croirait mal-à-propos autorisé à déduire de ce fait peut-être accidentel, une loi générale qui assujettit la direction des soulèvements à un ordre chronologique. Au demeurant, cette déduction plus qu'anticipée, se trouve déjà tel-

rement démentie par les observations, que l'auteur de la théorie a eu recours à des modes de récurrence, pour rendre raison de ce qui ne lui paraît être que des anomalies. La véritable anomalie est dans cette assertion du synchronisme des soulèvements parallèles.

La force convulsive et éruptive du globe terrestre liquéfié intérieurement, en agissant du centre à la circonférence, a dû rompre et crevasser son enveloppe consolidée dans les parties qui se trouvaient les plus faibles ou déjà ébranlées par des ruptures antérieures.

Or, la distribution de ces parties faibles sur la superficie du sphéroïde caverneux, peut-elle avoir été autrement qu'irrégulière et accidentelle; et si, par je ne sais quelle merveille, ces bandes plus minces et plus fragiles de l'enveloppe terrestre se trouvaient à une époque donnée toutes parallèles, comment à une autre époque se seraient-elles trouvées dirigées autrement et pourtant encore parallèles? L'in vraisemblance de cette hypothèse saute aux yeux avant que l'examen des faits vienne la contredire.

Si on supposait, comme on l'a fait au sujet du soulèvement des Cordillères rapporté au déluge, que la force évulsive ait agi du centre

à la circonférence, en demeurant circonscrite sur le contour d'un même méridien, tous les soulèvements opérés dans ce contour auraient été sans doute pareillement dirigés et contemporains. Mais tous ceux qui correspondraient à des longitudes différentes, appartiendront nécessairement à des systèmes différens. Le parallélisme des soulèvements opérés dans des directions obliques au méridien, dérogerait bien autrement à la loi supposée.

Y a-t-il rien de plus naturel que d'envisager les premières éruptions et évulsions terrestres comme déterminées par la faiblesse relative mais accidentelle de certaines parties de l'écorce terrestre, et les éruptions et évulsions postérieures, comme dirigées vers ces routes une fois frayées?

Les grandes chaînes de montagnes auraient pris ainsi leur origine dans les temps primaires, ce qui est confirmé par la nature des roches qui en forment le noyau. Les soulèvements annexes de chaque époque se trouveront pareillement signalés par la qualité des roches soulevées, et cette manière d'envisager le phénomène laissant une grande latitude aux accidens et aux circonstances de temps et de lieu, permettrait de concevoir tout ce qui s'y trouve

de régulier et d'anormal, de rectiligne et de sinueux, de parallèle et d'oblique, de simultané et de successif.

Cette doctrine si simple, si naturellement déduite des faits primitifs et si conforme aux phénomènes observés, aurait aussi l'avantage de nous rassurer contre l'effrayante hypothèse des crises de soulèvements réunies en un petit nombre de périodes révolutionnaires, qui auraient bouleversé la superficie terrestre et amené le renouvellement des êtres organisés.

Cette conception de grandes crises de bouleversement alternant avec des périodes de repos, a le double inconvénient d'attribuer des effets universels à des phénomènes essentiellement locaux, et de rompre sans sujet la continuité ou du moins la répétition habituelle des crises d'évulsion et d'éruption, dont les monumens se sont succédés de siècle en siècle et d'année en année depuis la période primaire, crises dont la série toujours décroissante se prolonge encore sous nos yeux.

Qu'une chaîne de montagnes ait été exhaussée en quelques jours ou en plusieurs siècles, qu'elle ait subi une seule ou plusieurs de ces crises, le phénomène n'en est pas moins local et limité dans ses résultats; il ne perd point

ce caractère, lors-même qu'il s'en est produit de semblables en même temps sur divers points de la surface de la terre.

Les effets de cette coïncidence, quoique bien plus grands que ceux des éruptions contemporaines de l'Etna, de l'Hécla et des volcans de l'Asie ou de l'Amérique, ne peuvent être réputés universels; on n'y trouve point une raison suffisante de l'interruption générale des dépôts neptuniens, ni du renouvellement des espèces végétales et animales.

Il est d'ailleurs fort douteux qu'un tel renouvellement se soit jamais opéré d'une manière prompte et absolue. On sait que le déluge de la Genèse ne peut pas même être allégué en faveur de cette opinion, et que le texte sacré la dément formellement.

M. Sedgwich a fait observer que le premier changement reconnaissable dans l'ensemble des espèces animales et végétales répondait à la fin de la cinquième époque géologique, à celle des psammites pœciliens et du muschelkalk (1); les plus fortes évulsions terrestres ont dû naturellement précéder cette époque.

Les phénomènes de soulèvement sont évidem-

(1) La Bèche, *manuel géol.* pag. 667.

ment du même ordre que ceux des éruptions, puisqu'on ne saurait concevoir qu'un terrain soit soulevé sans une poussée de bas en haut.

Il s'ensuit que pour distribuer ces éruptions en époques, il en faudrait compter au lieu de douze, au moins douze cents, ou même douze mille,] puisqu'on aurait à les répartir sur les milliers de siècles qui se sont écoulés depuis la période primaire jusqu'à ce jour.

La nature n'agit pas par soubresauts. Ses procédés, même les moins réguliers, sont successifs et subordonnés aux temps.

Puisque les éruptions de plusieurs siècles ont été nécessaires pour former une seule montagne volcanique, comment un ensemble de plusieurs montagnes se serait-il produit d'un seul coup? Notre pensée craint de se perdre dans la supputation des temps, mais c'est en vain que nous voudrions rapporter à notre vie d'un moment les longues séries des temps cosmiques, ou même géologiques.

La règle des anciens phénomènes se déduit naturellement de celle que nous pouvons observer dans ceux de notre temps.

Ici ces phénomènes sont les volcans et les tremblemens de terre, derniers exemples des procédés d'éruption et d'évulsion qui ont couvert d'inégalités la surface du globe.

Depuis l'ère chrétienne, la convulsion terrestre qui en 742 renversa 600 villes de l'Égypte ou de l'Orient, celles qui ont ébranlé les Pyrénées au 17^{me} siècle, bouleversé la Calabre à la fin du 18^{me}, la vallée de Murcie et une province de la Chine au 19^{me}, nous représentent l'image bien affaiblie du soulèvement et redressement des strates, des affaissemens du sol, et de la formation des lacs. Des éruptions injectées sur quelques points isolés ont produit dans les temps historiques des excroissances coniques ou cratériformes.

Toutes les régions soulevées ont eu, comme les volcanisées, leurs périodes de repos, et ces périodes ont été irrégulières autant qu'innombrables; mais le périodisme de ces crises a été seulement local; jamais elles ne se sont produites ni n'ont cessé partout à la fois.

Les hautes chaînes de montagnes sont aussi des volcans éteints et les plus puissants de tous, si on en juge par les phénomènes d'évulsion qui y sont joints à ceux d'éruption.

L'observation non moins que la théorie nous présente l'ordre de ces phénomènes en série décroissante. La somme des effets s'est trouvée constamment en proportion avec l'intensité des causes.

Le maximum de cette intensité correspond

aux derniers temps de la période primaire, et on peut en suivre le décroissement *a priori* comme *a posteriori*, en parcourant la série des époques qui se sont succédées jusqu'à nos jours

CHAPITRE XXVI.

Exemples des soulèvements de la période primaire dans la chaîne des Pyrénées.

LA question de ces soulèvements se trouve résolue d'une manière générale par cette observation déjà mentionnée de M. de Charpentier, qu'aux Pyrénées les terrains primaires sont en gisement discordant et quelquefois transgressif avec les intermédiaires ou secondaires inférieurs.

Nous avons aussi exposé comment les éruptions granitiques étaient représentées dans cette chaîne, moins par des arêtes liées ensemble ou ayant une direction commune, que par des protubérances inégales et irrégulièrement espacées, dont la plupart se trouvent en dehors de l'axe de la chaîne.

Comme dans ces protubérances le granit

arrivé jusqu'au faite est mis à découvert sur leurs flancs, ou n'y laisse apercevoir que d'autres roches primaires de la deuxième époque soulevées avec lui, la date de ces premiers soulèvements semble indiquée avant la formation des dépôts secondaires; mais rien ne prouve que toutes ces évulsions aient été opérées en même temps, chaque époque de la période primaire ayant occupé un grand nombre de siècles.

Il est au contraire manifeste que plusieurs de ces vastes terrasses granitiques ont été exhaussées, les unes avant, les autres après le dépôt des gneiss, et pendant que se formaient les autres schistes primaires.

Le groupe oriental le plus spatieux de tous est formé de plusieurs chaînons de différens âges. Celui du Canigou et du Puigmal, dirigé à l'O.-S.-O., s'y croise avec la crête centrale dirigée à-peu-près à l'O.-N.-O. Une troisième arête, celle du Mosset, vient se joindre à l'intersection des deux premières, et cette rencontre est signalée par un phénomène peu ordinaire qui s'explique bien mieux par la pluralité et la succession des crises de soulèvements, que par l'hypothèse d'une évulsion unique. Ce phénomène est la formation au faite même de la chaîne d'un grand bassin lacustre ou

cratériforme, et du plus grand de tous ceux qui ont existé dans la région entière des Pyrénées (1).

La coupole du Mosset est le produit d'une éruption granitique qui paraît avoir précédé le soulèvement du chaînon granito-schisteux du Canigou, puisque sur les flancs même du Mosset, vers le midi, les schistes au lieu de suivre l'inclinaison de ses flancs, se relèvent en sens contraire comme ayant participé à l'évulsion ou à l'une des évulsions postérieures de l'arête granito-schisteuse.

Les exhaussemens partiels de cette masse primaire, dont les premiers paraissent si anciens, se sont prolongés jusques dans la période tertiaire, puisqu'un de ses derniers contreforts, vers le débouché de la Tet dans la plaine de Roussillon auprès de Nafiach, a relevé par son soulèvement les marnes bleues et les sables marins de cette contrée (2).

(1) Cet ancien lac de la Cerdagne n'avait pas moins de 3 lieues de largeur dans l'alignement de la crête centrale de la vallée d'Eynes à Fonrouméou; il avait de 9 à 10 lieues de long, de Mont-Louis à Bellver où était l'ancien barrage.

(2) Le dépôt coquiller superposé à ces marnes n'a point été soulevé. Le terrain de ce dépôt est alluvial

Les moyens nous manquent pour discerner et énumérer toutes les scènes d'évulsion et d'éruption dont les Pyrénées ont été le théâtre pendant cet immense intervalle.

On peut néanmoins distinguer dans ce groupe oriental deux systèmes principaux, dont l'un dirigé à l'O.-S.-O. , paraît être le prolongement de celui qui lie les Pyrénées aux Cevennes, ainsi que les Cevennes aux Alpes, et dont l'autre prend sa direction vers l'O.-N.-O. qui devient prédominante dans les régions moyennes et inférieures des Pyrénées françaises.

A l'ouest de l'Ariège , le granit n'est plus disposé en un vaste plateau , mais en massifs allongés et dirigés inégalement , le plus septentrional et le moins élevé à l'O. 25° N., le moyen à l'O 16° N., et le troisième à l'O 10° N.; celui-ci atteint la hauteur de 1500 toises, et constitue la crête centrale seulement pendant quelques lieues aux montagnes de Bassiés et d'Aulus. Au demeurant, ces arêtes granitiques se joignent par leur base.

comme dans ceux des vallées du Tech et de l'Agly. Ils sont donc plus récents que les marnes bleues dont le système coquiller est bien différent et dont l'âge serait mal déterminé par le catalogues de ces coquilles à-demi quaternaires comme celles du Crag.

La masse culminante et la plus centrale des Pyrénées , est aussi celle où il est le plus facile de s'assurer que l'émergence s'en est faite avant les temps secondaires.

Au sud de la crête centrale où sont ouverts les ports de la Glaise , de Vénasque et de la Picade , s'élève le groupe granitique des Monts Maudits. Les schistes argileux et les psammites protozoïques de la crête centrale sont disposés en forme de toit à deux pentes , dont l'axe de soulèvement est à-peu-près parallèle à la chaîne totale. Les bancs et les feuilletés du versant méridional ou espagnol , viennent se terminer au fond de la vallée d'Esséra , en heurtant de leurs tranches la masse des granits. Ces schistes et ces psammites contiennent des empreintes de calamites au plateau des étangs (1), où est la rencontre des deux lignes anti-cliniques inférieures , à 900 toises au-dessus de la mer.

Puisque ces schistes ont reçu pendant leur

(1) Il est fort remarquable , dit M. de Charpentier , que tous les lieux où on observe des empreintes végétales dans les Pyrénées , sont très-élevés et toujours situés dans le voisinage des plus hautes protubérances granitiques.

Essai sur la constitution géognostique des Pyrénées , pag. 374.

formation sédimentaire les débris d'une végétation environnante, il s'ensuit que la Maladetta dont l'émersion antérieure est déjà démontrée par la disposition des strates schisteux, était depuis quelque temps couronnée d'arbres et de plantes. Cette émersion doit donc être rapportée à la période primaire et à sa deuxième époque, puisqu'on y voit redressés les granits stratifiés de la pique des Barrans, et les calcaires de la pique Fourcanade.

M. de Beaumont avait d'abord considéré cette chaîne comme formée d'un seul jet. Plus tard il a reconnu avec M. Dufresnoi quatre époques de soulèvement dont les directions sont différentes. Dans le mémoire nouvellement inséré au manuel géologique de M. de La Bèche, il considère les Pyrénées comme formées de chaînons parallèles qui courent vers l'O. 18° N., dans une direction oblique à l'axe géographique de la chaîne (1).

(1) *Manuel géologique*, pag. 642. J'avais signalé cette obliquité dans une note lue en 1831 à l'académie des sciences et présentée à la société de géologie; depuis j'ai eu a regretter d'avoir été mal compris par M. Desnoyers qui a rendu compte de ce mémoire dans le bulletin de la société, t. II, pag. 313.

1° Ce n'est pas le soulèvement des grauwwakes et des

La direction de ce chaînon central des Pyrénées presque vers le N.-O., et celle du chaînon principal de la région orientale vers l'O.-S.-O., prouvent combien est inexacte la supposition d'un alignement uniforme dans les soulèvements de la chaîne des Pyrénées.

Le grand massif granitique de Neigevieille

anthracites à empreintes végétales, que j'ai regardé comme le plus ancien des Pyrénées, mais bien celui des granits où ont végété les arbres et les plantes dont les débris sont enfouis dans ces roches de sédiment évidemment postérieures;

2° La direction que j'ai attribuée à la chaîne des Pyrénées n'est point artificielle, ni déduite de la moyenne des faits partiels; elle est un fait positif, fait géographique et géométrique, indépendant de toute supposition. Cette direction n'est point la véritable parce qu'elle s'accorde avec les directions moyennes, mais les directions moyennes s'accordent avec elle parce qu'elle est la véritable. Un axe pyrénéen qui serait dirigé vers l'O. 16° N., à partir du cap Cervères ou même du cap de Créous, laisserait au midi plus des $\frac{3}{4}$ des Pyrénées françaises, et toutes celles de l'Espagne. Cet axe ne serait ni naturel, ni artificiel, il serait imaginaire. C'est ce qu'a reconnu M. de Beaumont, en admettant l'obliquité des chaînons dirigés à l'O. 18° N., relativement à l'axe qui s'étend du cap de Créous au cap Ortegat.

près Barèges, entre la vallée de la Neste et celle du Gave, et celui qui est entre ce Gave et la vallée de Caucérés, sont séparés par des bancs schisteux, dont la disposition fournit un indice de l'ancienneté relative des deux évulsions qui ont fait surgir ces groupes.

Comme ils sont situés à-peu-près dans l'alignement de l'est à l'ouest, on peut bien penser que les schistes soulevés dans leur intervalle très-peu spacieux, ne suivent pas cette direction qu'on observe si fréquemment ailleurs; on les voit au contraire dirigés presque du sud au nord, comme la vallée transversale du Gave qui est creusée dans leurs roches entre les deux massifs granitiques.

Mais ils s'appliquent par leurs plans sur les granits de la rive gauche ou occidentale (1) du Gave, et opposent leurs tranches au massif oriental de Neigevieille qui se trouve ainsi avoir été le plus ancien, et qui est en effet l'un des plus remarquables de toute la chaîne, soit par la hauteur de ses sommets, soit par l'homogénéité de ses granits, dont les dômes

(1) Voyez le tableau des directions et inclinaisons des couches du passage de l'échelle à Praguères.

Palassou, *Essai sur la minér. des Pyrénées*, pag. 162.

non stratifiés s'élèvent au - dessus de 3200 mètres.

Dans cette région des Pyrénées située entre le Gave et la Neste, le groupe le plus ancien, celui de Neigevieille, s'écarte bien plus vers le nord de la crête centrale, que celui des Montagnes Maudites ne s'en écarte vers le sud.

La date de son éruption paraît correspondre aux temps qui ont suivi le dépôt des schistes micacés de la vallée supérieure du Bastan, et avoir précédé celle des schistes argileux de la vallée inférieure et de ceux du Gave.

En avant de Neigevieille et presque au bord de la chaîne, est l'arête du Pic du Midi, composée de schistes micacés, dont les bancs se relevant vers le nord, indiquent un soulèvement postérieur à celui des granits de Neigevieille, qui avait redressé ces schistes en sens contraire à la pique d'Eslits sur l'autre rive du Bastan. Au nord de cette arête longitudinale mais peu étendue de schistes micacés, et avant la plaine de Bigorre, s'élèvent d'autres chaînons de roches secondaires, dont celui qui forme le premier gradin à la hauteur de Bagnères et de la Bassère, paraît être le produit d'un dernier soulèvement occasionné par une éruption amphibolique ou ophitique.

Les strates soulevés y ont pris la forme d'un toit à deux pentes.

Entre le groupe granitique de Neigevieille et la crête centrale, on discerne les soulèvements partiels de granit massif, à Cambièle, de granits stratifiés ou schisteux, aux aiguillons de Héas, au Pic-Long, et au Pimené, tous antérieurs à la grande évulsion qui, vers la fin de la période secondaire, a porté jusqu'à la hauteur de 3400 mètres la longue et épaisse jetée calcaire du Mont-Marboré que couronne le Mont-Perdu.

Ainsi l'éruption du granit à Neigevieille et l'évulsion calcaire du Mont-Perdu, dans une même région, paraissent séparées l'une de l'autre par l'immense intervalle de la période secondaire toute entière.

On peut donc induire de la disposition des roches primaires pyrénéennes, et des indices de leurs évulsions ou éruptions :

1.^o Que le plus ancien des terrains pyrénéens est celui de ces masses granitiques étendues au-dessous des granits stratifiés, des gneiss et des mica schistes ;

2.^o Que du sein de ces masses ont surgi les plus anciennes éruptions granitiques ou porphyriques, lesquelles ont été successives et non simultanées ;

3.^o Que les principales , celles du Mosset , des Maladettes , de Posets , de Neigevieille , ont été antérieures aux temps où le dépôt des gneiss et des schistes micacés s'était achevé et avait formé d'épaisses assises ; puisque la roche injectée en s'ouvrant un passage à-travers elles , les a rejetées sur ses flancs en s'élevant au-dessus de leur horizon , au lieu de les porter au faite , comme cela s'est fait plus tard en d'autres lieux , et notamment aux Alpes , d'une manière presque générale ;

4.^o Que la distribution irrégulière de plusieurs centres d'éruption , et la disposition en lignes anticliniques ou convergentes des strates soulevés , sont autant de preuves de la répétition et de la succession des crises qui ont élevé la chaîne des Pyrénées ;

5.^o Que la circonscription de ces divers points d'éruption et d'évulsion sur une zone large seulement de 20 à 25 lieues qui s'étend de la mer de Catalogne à celle de Galice , explique suffisamment comment les soulèvements réitérés des roches stratifiées ont suivi des directions dont la moyenne est à-peu-près conforme à l'axe de cette zone pyrénéenne ;

6.^o Que les plus anciens soulèvements de cette zone correspondent à la période primaire et

à sa deuxième époque, sinon à la première ;

7.^o Que le plus récent de ces soulèvements, celui des marnes bleues de Nafisch , a été postérieur au dépôt de ces marnes ou du terrain marin inférieur du bassin méditerranéen, et correspond aux derniers temps de la période tertiaire.

CHAPITRE XXVII.

*De l'abaissement du niveau de la mer,
pendant la période primaire.*

J'AI déjà traité ce sujet d'une manière générale au livre I^{er}, chap. XII, dont celui-ci n'est qu'un développement.

Les abaissemens progressifs du niveau des mers avaient été assez généralement admis par les géologues et les physiciens, avant que leur attention se fût portée sur le phénomène du soulèvement des terrains. Ce phénomène pouvait en offrir une preuve nouvelle; mais on n'en a pas jugé ainsi, et depuis la publication de la théorie huttonienne, la vogue des opinions

qui se refusait auparavant à considérer les strates inclinés comme ayant subi un déplacement, n'a plus voulu reconnaître comme étant demeurés en place ceux même qui se trouvent horizontaux. C'est le propre de l'esprit humain de passer d'un extrême à l'autre.

Les exemples d'exhaussemens et d'abaissemens chroniques du sol terrestre sont en grand nombre, mais il y a loin de ces phénomènes locaux à un fait général.

M. de Buch, en constatant l'exhaussement progressif d'une partie du sol scandinave déjà aperçu par Celsius et Linné, a conclu des faits observés que la Suède s'élevait plus que la Norwège, et la contrée septentrionale du pays plus que la méridionale (1).

Ainsi ce phénomène est non-seulement local mais encore inégal sur un espace assez reserré.

En Italie, le sol de Ravenne s'est abaissé de quelques pieds depuis la construction de la cathédrale. Sur les rivages de la Campanie et à l'île de Caprée, il y a d'autres exemples de pareils affaissemens.

Ailleurs le terrain s'est alternativement abaissé et rehaussé. Aucune relation n'existe entre des

(1) Voyage en Norwège, t. II, pag. 279.

faits de cette espèce, et un exhaussement général, soit simultané, soit successif du sol terrestre dans toutes les parties du monde.

Pour réfuter l'hypothèse de ce soulèvement chronique et universel, il suffit de l'exposer fidèlement dans ses détails et ses conséquences.

Il faudrait qu'il eut été à-la-fois continu et interrompu, ou du moins ayant ses crises d'accélération et ses périodes de lenteur.

Si une première crise n'avait eu lieu justement avant les premiers dépôts tertiaires, ces dépôts occuperaient maintenant un horizon supérieur à celui des secondaires. Il en serait de même des quaternaires relativement aux tertiaires, si une autre crise n'avait élevé ceux-ci au-dessus des mers avant le dépôt des quaternaires.

Voilà donc trois crises de soulèvement instantané qui auraient alterné avec trois périodes de soulèvement lent et continu, et ces crises auraient laissé les terrains horizontaux, quoique la première eut exhaussé les secondaires à 1500 ou 2000 mètres, la deuxième les tertiaires à 2 ou 300 mètres, et la troisième les quaternaires à 50 ou 60 mètres au-dessus du niveau de la mer.

Que pourrait-on imaginer de plus factice,

de plus contradictoire avec les faits observés et l'ordre naturel des phénomènes, que ces trois crises inégales aussi incompréhensibles dans leur cause efficiente, que dans leur périodisme, crises dont les effets supposés se prolongent ou s'arrêtent à la volonté du magicien, et où la force soulevante peut être comparée chaque fois à cette horreur du vuide qui faisait monter l'eau dans les pompes à 32 pieds et non au-dessus (1)?

On a allégué les lois de la statique contre

(1) Cette hypothèse, j'ose dire phantasmagorique, a rejeté dans les ténèbres la théorie des terrains tertiaires que MM. Cuvier et Brongniart avaient dès l'origine exposée avec tant de méthode et de clarté.

Au lieu de faire entrer et de retenir successivement des eaux marines et des eaux douces dans des bassins circonscrits, au moyen de quelques oscillations de la mer ou de quelques changemens survenus dans les barrages intermédiaires, on a trouvé plus naturel de faire subir à ces bassins entiers des alternatives d'exhaussement et d'abaissement, et de convertir l'étendue presque entière du sol tertiaire en un parquet de théâtre.

Ainsi serait sorti comme par enchantement du sein de la mer, sans se disloquer, ce plateau des Pampas de Buenos-Ayres long de 300 lieues et large de 200, lequel est formé de terrain marin tertiaire recouvert

la doctrine de l'abaissement du niveau des mers (1), mais c'est l'uniformité de ce niveau sur tous les points de la superficie terrestre, en un même temps, et non son immutabilité que réclament les lois de l'équilibre.

Newton pensait avec Wan-Helmont, que la

de quelques dépôts d'eau douce ; et ce miracle se serait reproduit exclusivement partout où se trouvent de larges vallées ou des plaines tertiaires.

Mais, ce qui est bien plus étrange, les rivages de la méditerranée auraient été comme maintenant émergés pendant que s'opérait le dépôt du calcaire grossier parisien, et ensuite submergés pour recevoir les marnes bleues et le calcaire coquiller, dit Subapennin, qu'un nouvel exhaussement aurait plus tard irrégulièrement disposé sur tout le pourtour de cet immense bassin.

Quelles que puissent être les inductions fondées sur la conchyologie comparée, elles ne sauraient compenser l'in vraisemblance d'une telle supposition. La confusion qu'on est parvenu à mettre dans les terrains tertiaires, marins et lacustres, en les supposant formés sous les mêmes eaux, n'est guères plus philosophique. On peut divaguer sur les moyens dont les eaux marines et les eaux douces se sont succédées dans un même bassin, mais ce qui est marin est marin, ce qui est lacustre est lacustre, ce qui est mixte est mixte ; et chacun de ces terrains a dû ses qualités au fluide spécial où il s'est formé.

(1) Bulletin de la société de géol., t. I, pag. 19.

masse solide du globe allait en augmentant et que celle de l'eau diminuait (1).

Laplace a expliqué les traces incontestables du séjour des mers sur les continents, par les affaissemens successifs des bassins de l'océan, affaissemens qui ont mis à découvert une partie d'autant plus étendue de terrain, que la mer s'est trouvée moins profonde (2).

Les premières notions de physique nous enseignent que l'eau contenue dans un bassin ou un vase, s'y élève ou s'y abaisse selon que la capacité du vase se resserre ou s'accroît; ainsi les convulsions souterraines n'ont pu extraire du sein des mers la masse des terrains qui dépassent maintenant son horizon, sans laisser de grands vuides à remplir, et sans y creuser des abîmes, ce qui a dû déterminer un abaissement de leur niveau.

Du moment où les premières protubérances terrestres ont commencé à surgir au milieu de l'enveloppe aqueuse universelle, une dépression du niveau de la mer a dû correspondre à chaque grande émergence continentale ou insulaire.

(1) Dict. d'hist. nat., Déterville, article mers, p. 413.

(2) Mécanique céleste, t. V, pag. 14.

Cette dépression qu'aurait produit le seul déplacement du dedans au dehors des matières solides de l'écorce du globe, a pu être beaucoup augmentée, si l'expansion des vapeurs qui ont redressé et courbé en voûtes les roches primaires et secondaires, a produit de grandes cavernes souterraines où les eaux sont venues s'engouffrer après la condensation ou l'évacuation des fluides élastiques. L'existence de lacs souterrains a été reconnue à de grandes hauteurs dans la chaîne des Cordillères. Comment des cavités beaucoup plus spacieuses n'auraient-elles pas été pratiquées dans les couches inférieures voisines du foyer des évulsions souterraines ?

Les continens émergés consistent principalement en roches argileuses et calcaires, compactes, sableuses ou terreuses, lesquelles ont retenu dans leur composition une assez grande quantité d'eau. Cette quantité combinée dans les pierres et les terres, et celle qui ruissèle ou demeure stagnante dans les cavités souterraines, représente au moins un dixième, peut-être un cinquième du volume des terrains émergés, et a dû diminuer d'autant la masse des eaux universelles, à mesure que s'est opérée cette émergence.

Les deux hypothèses du soulèvement des montagnes et de l'abaissement du niveau des mers, loin de s'exclure, se confirment réciproquement par leurs relations physiques et géologiques.

Celle de l'émergence absolue et exclusive des terrains au moyen de deux espèces de soulèvement, renverse toutes les idées suggérées par l'observation et le raisonnement. Elle attribue à une même cause les effets les plus disparates, et suppose un mouvement général de dilatation dans le globe terrestre, aux époques où il a dû continuer de se contracter, à raison du progrès de son refroidissement.

Comme parmi les terrains secondaires supérieurs et les tertiaires, il s'en trouve une grande partie dont les bancs sont horizontaux, d'autres médiocrement inclinés, d'autres enfin tout-à-fait soulevés et redressés, aucun moyen n'est refusé par la nature aux observateurs, pour qu'ils puissent distinguer nettement les roches émergées par le soulèvement de celles qui sont demeurées en place, et dont l'émergence s'est faite par la retraite des eaux.

Plus la sphère des soulèvements sera étendue, et mieux sera établie la nécessité des abaissements du niveau des mers. Or, cette

nécessité une fois reconnue, le fait général qu'elle met en évidence explique de la manière la plus simple les émerisions successives et surtout l'identité d'horizon des terrains de chaque époque qui ne portent point les signes de l'exhaussement.

Les terrains secondaires, tertiaires, quaternaires, dont les strates sont demeurés à-peu-près horizontaux, se trouvent tous disposés en étages non moins distincts par leur horizon, que par leurs rapports géognostiques. La hauteur moyenne de chacun de ces étages au-dessus du niveau de la mer va décroissant selon l'ordre des temps.

C'est là un indice certain, parce qu'il est universel, que leur émerision s'est opérée par les abaissemens succesifs de ce niveau. Ils n'auraient ni cette régularité, ni ce parallélisme, ni cet ordre de décroissement, si leur émerision eût été livrée aux accidens inégaux des évulsions souterraines.

Des causes spéciales et peu connues ont établi des inégalités assez sensibles dans le niveau de diverses mers (1); mais celles-ci n'ont

(1) On sait que la mer rouge est plus haute que la méditerranée de 8^m 12^c à la basse marée et de 9^m 09^c quand la marée est haute. M. de Humboldt a reconnu

exercé aucune influence sur l'émergence des terrains. Il est d'ailleurs évident que l'étendue des mers a été toujours se resserrant, ce qui est une conséquence nécessaire de l'abaissement de leur niveau. Les continents de la période primaire n'étaient d'abord que des îles. Il ne faut pas remonter bien avant dans l'histoire de la période quaternaire, pour arriver à l'époque où la mer caspienne était réunie à la mer noire, et par conséquent à la méditerranée et à l'océan.

Comme les terrains des montagnes ont été généralement soulevés, la position qu'y occupent les fossiles n'est d'aucun usage pour calculer quel a dû être le niveau des mers où ces terrains se sont formés, mais on peut y reconnaître quelques indices d'un ancien séjour des mers, postérieur à leur exhaussement, dans la forme des excavations de leurs terrasses supérieures ou moyennes. Cette considération appartient au chapitre suivant.

que la marée du Sud était plus élevée d'environ 7 m. que l'atlantique, phénomène dont on peut entrevoir la liaison avec celui des pentes abruptes de la Cordillère vers la mer du sud, tandis que des vastes plaines sont interposées entre la pente orientale de la mer atlantique.

Voy. le bull. de géol., 1830, août, pag. 169.

CHAPITRE XXVIII.

*Des excavations et de la forme des terrains ,
pendant la période primaire.*

ON a observé aux Pyrénées vers la hauteur de 700 à 1000 toises au-dessus de la mer , des vallées supérieures fort spatieuses creusées dans des terrains granitiques, et dont la largeur, la régularité et l'évasement indiquent plutôt le travail de grands courans marins que celui des torrens voisins de leurs sources. Le fonds de ces canaux hautement situés a été ensuite excavé à une profondeur de 3 à 400 mètres , mais sur une moindre largeur.

Ce qui reste des anciennes vallées , forme ainsi un étage supérieur dans les vallées actuelles qu'on voit bordées et surmontées de banquettes régulières et parallèles. Cette forme a été remarquée dans le massif granitique de Héas (1),

(1) Par M. de Charpentier. *Essai sur les Pyrénées*, pag. 23.

à une hauteur de 8 à 900 toises au-dessus de la mer.

Elle n'est pas moins remarquable à la hauteur d'environ 500 toises, dans la vallée granitique de l'Ariège, auprès d'Ax, où le village de Sorjat et plusieurs autres sont bâtis et entourés de leurs prairies sur le gradin supérieur.

L'action érosive de courans fluviatiles aussi voisins de leur origine, ne peut rendre raison du creusement de ces canaux spatieux et évasés dans les hautes terrasses granitiques, ni même de la large excavation des vallées inférieures dans la même roche.

Les phénomènes se trouvent au contraire assez bien expliqués par la supposition d'une mer qui, s'abaissant périodiquement, venait battre de ses vagues les roches nouvellement émergées, pénétrait dans ses gorges déjà ouvertes par l'érosion des torrens, les élargissait et en reculait les parois par la répétition séculaire de ses battemens.

Les empreintes d'un creusement uniforme et à parois divergentes qu'auraient opérés le ressac des vagues et les marées, peuvent être suivies à tous les étages des Pyrénées situés à moins de 2000 mètres au-dessus de la mer

actuelle ; et depuis les plateaux de la région moyenne jusqu'à ceux d'alluvion qui sont adossés à la base de cette chaîne, soit vers l'Océan, soit vers la Méditerranée.

Les larges gradins étagés sur les rives des grands courans fluviatiles, à leur sortie des Pyrénées, et les couches régulières des cailloux roulés étendues sur chacun d'eux, sont les indices irrécusables d'une mer littorale qui s'est abaissée d'étage en étage jusqu'à sa réduction aux limites actuelles.

Quelle qu'ait été la hauteur de la mer universelle pendant les temps primaires, la géographie de cette période ne nous laisse entrevoir au-dessus des eaux qu'un petit nombre d'îles granitiques élevées au-dessus de son horizon, et ces îles réunies en archipels dans les lieux qui correspondent aux chaînes de montagnes les plus anciennes.

Les plus anciens de ces îlots qui ont été nos premiers continens, sont probablement ceux qui composés des granits massifs ou non stratifiés, se trouvent encore aujourd'hui parsemés de cavités grandes ou petites qu'occupent des eaux stagnantes.

Les cavités étagées sur les gradins ou terrasses de ces vastes protubérances, sont autant

d'indices d'une succession fréquente de mouvemens d'éruption et d'affaissement dans la masse encore pâteuse des granits injectés.

C'est là l'espèce la plus simple comme la plus ancienne des bassins cratériformes qu'on observe dans les montagnes. D'autres bassins beaucoup plus vastes mais plus composés, paraissent avoir été formés par les accidens du soulèvement ou de l'affaissement des roches schisteuses et par l'entrecroisement ou la rencontre des divers chaînons obliques.

Cependant il est à-propos de remarquer que c'est surtout dans le terrain granitique, si difficile à entamer par les eaux courantes, que ces cavités d'éruption et d'affaissement sont le plus multipliées. Les vallées ouvertes dans ces roches ne sont le plus souvent que des séries de bassins encore lacustres, ou comblés et desséchés (1).

Ce phénomène est reproduit aux Alpes dans les cirques dolomitiques de la vallée du Tésin, où le calcaire magnésien se trouve converti en une roche ignée (2).

(1) Telles sont les hautes vallées de l'Ariège d'Orlu, de celle de Mérens, du Gave au-dessus de Cauterés, etc.

(2) Bulletin de la société de géol., t. VI, pag. 110.

Aux Pyrénées, sur la grande protubérance de Neigevieille, on ne compte pas moins de dix à douze étages qui tous ont leurs cavités cratériformes converties en lacs. On les retrouve sur toutes les sommités granitiques et rarement dans les autres.

Sur la masse énorme des granits gneiss du Canigou, il n'y a que quelques petites mares, et vis-à-vis, sur la coupole granitique du Mosset, bien moins volumineuse et moins haute de 200 toises, trois lacs assez spacieux sont étagés auprès du sommet.

Les eaux de la région supérieure des montagnes se rassemblent dans ces lacs et descendent des plus élevés aux inférieurs, par des canaux qu'elles creusent incessamment, ou par des dépressions et des coupures accidentelles qui se trouvent sur leur chemin. Ces coupures sont peu profondes et peu étendues dans les terrains granitiques dont les vallées ne consistent qu'en une succession de renflemens inégaux.

Les canaux qui servent d'écoulement aux eaux des lacs, sont les premiers rudimens des vallées, et on y distingue déjà ces longues excavations formées les unes par la rupture et le déchirement des roches, les autres par l'érosion lente des courans.

Les cavités cratériformes ordinairement plus spacieuses de la région moyenne et situées dans les terrains stratifiés ou schisteux, soulevés ou affaissés, s'y rencontrent rarement distantes l'une de l'autre de plus de 9 à 10000 mètres.

Souvent elles correspondent à la jonction de deux ou trois de ces canaux d'écoulement qui portent le nom de vallées; ce qui a fait croire à plusieurs qu'elles étaient l'ouvrage de ces courans réunis; mais, outre qu'il n'y a aucune proportion entre cette cause et cet effet, il est manifeste que ces cavités grandes ou petites, lacustres dès leur origine, ont été plutôt comblées qu'excavées par les courans, et que leur formation a été contemporaine des crises d'éruption et de soulèvement qui ont produit l'émersion des terrains primaires au-dessus des eaux universelles. Tous les cirques, quelle que soit la nature de leurs roches, sont des phénomènes d'éruption, ou de dislocation et d'affaissement; les excavations faites par les eaux courantes sont dans leur essence longitudinales.

Vers la fin de la période primaire, le sol pyrénéen émergé consistait, d'une part, en hautes coupes et pyramides de granit diversement étagées et excavées, et d'autre part, en

arêtes schisteuses à bancs redressés séparées par des sillons inégaux dans leur forme et leur dimension, et entrecoupées de sillons obliques ou transversaux.

Sur le trajet de tous ces sillons, les affaissemens du sol avaient intercalé des renflemens cratériformes où étaient retenues les eaux courantes, soit d'un seul de ces canaux, soit de plusieurs.

Les bassins situés au faite de la chaîne, tel que celui de Beret aux sources de la Garonne et de la Noguéra Paillaresa, et celui bien plus spacieux et plus élevé de la Cerdagne, dont les eaux étaient profondes de 5 ou 600 mètres, doivent être considérés comme des phénomènes de soulèvement plutôt que d'affaissement; mais ces deux causes ont dû souvent concourir à produire les cavités cratériformes moyennes et inférieures; celles-ci surtout qui occupent de si grands espaces dans les chaînes compliquées comme celles des Alpes.

Les lacs qui se sont conservés dans les hautes régions granitiques sont probablement les plus anciens de tous; et on peut être surpris de n'y point trouver ni les houilles, ni les travertins des lacs plus modernes, mais seu-

lement des sables, des cailloux et des troncs d'arbres peu décomposés.

Des eaux gazeuses et hydrosulfatées de la période actuelle, forment sous nos yeux de grands dépôts de travertins, et ont eu probablement beaucoup de part à la production de ceux des périodes antérieures.

Les eaux thermales et hydrosulfatées du granit, quoique très-abondantes, ont été impropres à cette opération, ne tenant en dissolution ni acide carbonique, ni carbonate de chaux.

Les arbres qu'on a découvert sous les eaux de quelques lacs à 3 ou 400 mètres au-dessus de l'horizon où leurs analogues végètent actuellement, prouvent bien le refroidissement du climat de ces montagnes, mais ne se sont pas trouvés dans les conditions qui auraient pu les convertir en houilles.

Ces conditions ont été remplies dans les régions granitiques moyennes ou inférieures, dont l'étendue et l'antiquité sont attestées par ces immenses amas de débris de leurs forêts, enfouis avec les détritits de leurs roches dans de vastes lacs dont les eaux imprégnées d'émanations acides étaient souvent mises en ébullition par des éruptions porphyriques.

Les sillons qui descendent du faite des montagnes jusqu'à leur base, en traversant les bassins lacustres irrégulièrement étagés sur leur passage, se présentent sous des formes dont chacune indique un mode de formation différente.

Quelques-uns proviennent manifestement du déchirement et de la rupture des roches par l'effet d'une secousse terrestre. Leurs parois faiblement évasées portent encore tous les indices de l'arrachement et de la dislocation des strates.

On peut appeler ceux-ci sillons de rupture ou de déchirement. C'est par une coupure de cette espèce que l'Agly s'échappe de la vallée des Fenouillèdes, et que l'Aude franchit l'arête calcaire de la Peyrelisse.

D'autres sont produits uniquement par l'érosion des eaux courantes. Quoique très-profonds, on n'y remarque aucun évasement; leur largeur est à-peu-près la même de haut en bas. Les parois en sont lisses, sinueuses et partout en proportion avec la largeur du torrent qui les a rongées; je n'ai vu de ces sillons d'érosion longs et profonds que dans les terrains calcaires. Celui que l'Agly a creusé à St.-Antoine de Galamus avant son entrée aux Fenouillèdes, est profond d'environ mille pieds.

Les sillons fortement évasés auxquels on

donne plus spécialement le nom de vallées, sont aussi de deux espèces. Les uns se trouvent largement excavés dans l'épaisseur des roches dont les bancs sont disposés transversalement au cours du torrent, de telle manière que les strates des deux rives se correspondent comme n'ayant fait qu'une même masse creusée et non disloquée. L'excavation de ces sillons est manifeste, mais on ne peut l'attribuer aux faibles courans qui en occupent le fonds; et l'intervention des courans marins ou des battemens du ressac et des marées, est ici réclamé par la grandeur de l'espace excavé. Telle est par exemple la vallée de la Pique entre les bassins de Luchon et de Cierp.

Enfin, les plus spacieux de tous ces sillons des contrées primaires, sont ceux dont les parois présentent leurs strates inclinés en sens inverses et convergens vers le lit du torrent. Cette disposition prouve que leur cavité provient d'un affaissement du sol qui supportait les strates, ou, ce qui est le plus ordinaire, de la juxtaposition d'un chaînon nouvellement soulevé à un chaînon plus ancien. C'est ainsi que s'est formée la vallée de l'Esséra, entre la masse granitique des Maladettes et l'arête

schisteuse des ports de la Picade, de Vénasque et de la Glaire, devenue la crête centrale des Pyrénées (1).

Tout ce qu'on a coutume d'appeler vallées, ravins, gorges, défilés, se rapporte à l'une de ces cinq espèces de sillons produits par la rupture des roches ou par l'érosion des eaux fluviales, ou par l'excavation des grands courans, ou par l'affaissement des strates, ou par la juxtaposition de deux chaînons ou arêtes de soulèvement.

Ces vallées de juxtaposition sont communément appelées longitudinales; mais dans l'intérieur des montagnes, il est rare qu'elles se prolongent bien loin à raison des soulèvemens partiels et successifs qui ont intercepté le cours des torrens et leur ont ouvert des routes transversales, comme cela est arrivé dans les Alpes, à l'Isère, près de Moustiers, et au Rhône, à Martigni, au défilé de l'Écluse, et à Pierre - Chatel.

(1) Voy. la planche n° 3, (d).

Cette vallée spatieuse située au pied du plus vaste glacier des Pyrénées, est sans eau probablement dès son origine. Elle n'est donc point l'ouvrage des courans. Ceux-ci à peine sortis de dessous les glaces, s'engouffrent dans des fentes et des cavernes, et viennent

CHAPITRE XXIX.

Résumé historique de la période primaire.

LE sphéroïde terrestre a été originairement en fusion, et a pris en roulant dans l'espace la forme qui était prescrite par les lois de la gravitation (1).

Pendant cet état de fusion, l'eau et toutes les substances vaporisables formaient autour de lui une immense atmosphère. Ces matières

à-travers l'arête centrale reparaitre dans la vallée de l'Artigue de Lin qui les dirige vers la Garonne et l'Océan.

(1) Presque toutes les controverses géologiques touchant la période primaire, naissent de la répugnance que manifestent encore quelques auteurs à reconnaître ce premier fait dont la démonstration est désormais achevée.

On ne doit point appeler philosophique le doute qui nous ferait délaissier une grande pensée conçue par le génie et éprouvée par le calcul, pour lui substituer des conjectures vagues sans portée et sans résultat, qui n'ont aucune liaison essentielle avec les phénomènes.

se sont condensées à mesure que la chaleur du sphéroïde décroissant graduellement, leur permettait de séjourner sur sa surface figée et attiédie.

Dès que les eaux de la mer ont pu s'y établir, elles ont corrodé, sillonné, démoli les inégalités de l'écorce terrestre nouvellement consolidée, et ont dû la recouvrir d'un amas de fragmens, de débris et de sables grossiers détachés de ces roches ou provenant de la trituration des scories.

Il est également probable que ces débris ont été ensuite remaniés, aggrégés et cimentés en masse par le gluten siliceux ou plutôt feldspathique, tenu en dissolution dans ces eaux brûlantes et qui s'en séparait par les forces combinées de l'affinité et du refroidissement.

Comme on ne peut douter que les eaux étaient pendant cette première époque douées d'une grande puissance, on est réduit à chercher les indices de leur travail dans l'agglutination des masses granitiques inférieures non stratifiées auxquelles sont superposés les plus anciens strates.

Tout est granitique dans ces masses, sauf quelques injections porphyriques rares et douteuses. Mais on y distingue facilement les ro-

ches agglutinées occupant de grands espaces, de celles que les éruptions souterraines y ont injectées et élevées à la superficie en coulées informes ou en saillies pyramidales.

Ainsi ces roches presque exclusivement granitiques de la première époque sont toutes d'origine ignée, les unes peu altérées depuis leur coagulation, les autres démolies, triturées et reconstruites par l'agglutination aqueuse.

C'est une règle générale que les terrains neptuniens d'une époque sont principalement formés de débris des terrains des époques antérieures. Or, en remontant la série de ces dépôts, on arrive et on est contraint de s'arrêter à celui qui a dû être formé des détritits de l'écorce consolidée du globe terrestre. Ce premier terrain neptunien ainsi indiqué *a priori*, le granit massif inférieur peut seul le représenter d'après l'observation.

Ce qui du moins semble hors de doute, c'est que ce terrain inférieur, s'il n'est point neptunien et provenu des débris de l'enveloppe terrestre, ne peut être autre chose qu'une partie de cette enveloppe elle-même; mais il n'est guère probable qu'aucune de ces parties se trouve maintenant mise à découvert, attendu que l'enveloppe une fois

solidifiée, a été plutôt rompue et crevassée que soulevée, et que les terrains soulevés sont ceux qui déposés au-dessus de ces crevasses, ont eu à subir l'effort des matières d'éruption qui jaillissaient du centre à la circonférence.

Ainsi la coïncidence des formations ignées et des neptuniques, date des premiers temps de l'histoire des terrains; je dis la coïncidence et non point l'alternance, parce que la série des sédiments qui est par sa nature universelle, n'a jamais été interrompue partout à la fois, au lieu que les éruptions ignées n'ont jamais été générales, mais toujours locales et accidentelles.

La deuxième époque a commencé avec les premières roches stratifiées, quand les eaux d'agglutination agitées par des mouvemens plus réguliers, ont pu disposer en strates horizontales et parallèles, les détritiques granitiques qu'elles aggrégeaient, et disséminer dans ces strates en grands cristaux, le gluten feldspathique surabondant qu'elles tenaient en dissolution.

Le dépôt des roches granitiques feuilletées a succédé à celui de ces roches stratifiées et s'est prolongé beaucoup plus long-temps, à raison de l'immense quantité des lamelles ou paillettes de mica et de talc qui demeuraient

en suspension dans le fluide surnageant après le remaniement des granits quartzeux et feldspathiques.

Ces trois roches, le granit, le gneiss et le mica schiste, constituent essentiellement le terrain primaire. On a mis récemment en question leur antiquité relative qui semble en effet déguisée par leurs mélanges habituels; mais les nouvelles observations n'ont point renversé l'ordre qu'avaient suggéré les anciennes. Quand le granit et le gneiss sont mélangés, c'est ordinairement le granit qui prédomine dans les masses inférieures, et c'est aussi le gneiss qui est le plus souvent inférieur dans ses mélanges avec le mica schiste. (1)

Pendant le long dépôt des détritiques granitiques stratifiés et feuilletés, l'enveloppe coagulée du globe terrestre, encore peu épaisse, continuait de donner issue à des torrens de roches cristallines qui ont d'abord pénétré les amas nouvellement agglutinés, puis les ont soulevés quand ils opposaient plus de résistance, et se sont mêlées ou entrelacées aux bancs fracturés des sédiments stratifiés et feuilletés au-dessus de ces amas.

(1) M. La Bèche, *manuel géol.* p. 576.

Les éruptions de cette deuxième époque ont été souvent porphyriques et celles-ci, selon l'ordre des temps, ont été d'abord feldspathiques et quartzes, le plus souvent rougeâtres, puis talqueuses, amphiboliques et diallagiques et de couleur verdâtre.

La présence de la chaux fluatée dans les premières époques, et l'absence de la chaux carbonatée qui apparaît seulement dans la deuxième, nous ont fait présumer que la température de la superficie terrestre a été d'environ 260°, pendant que s'agglutinait la masse granitique inférieure, et on ne peut guères douter que cette température ne fut descendue au-dessous de 100 degrés, quand les premiers végétaux ont commencé à vivre et à s'enraciner sur le peu qu'il y avait de terrains émergés.

L'émersion de ces terrains s'est opérée d'abord par des soulèvemens et des exhaussemens, dont les formes sont en rapport avec leurs époques. Ceux de la première ont été coniques ou pyramidaux et presque tous granitiques. Les injections de la deuxième ont soulevé en jailissant des arêtes longitudinales formées de strates redressés et quelquefois rendus verticaux.

Nous devons chercher naturellement les momens encore existans de ces époques, par-

mi les groupes des terrains soulevés où se trouvent exclusivement les roches primaires.

Il est probable que si le soulèvement de ces groupes ne s'était opéré qu'après le dépôt des roches secondaires et tertiaires, celles-ci s'y trouveraient non-seulement soulevées, mais exhaussées jusqu'aux sommets, comme celles qu'on observe dans quelques groupes manifestement soulevés postérieurement à la formation de ces roches.

A ce phénomène de l'émergence et de l'exhaussement du sol terrestre, ont dû correspondre des abaissemens du niveau de la mer, au moins proportionnels à la saillie des masses qui s'y trouvaient précédemment enfouies.

Les courans fluviatiles, les torrens d'inondation, les débâcles des lacs supérieurs, et les battemens des vagues d'une mer presque universelle, ont commencé, aussitôt après l'émergence des îles primaires, à y creuser des excavations et à modifier, aggrandir ou combler celles déjà produites par les accidens d'éruption et de soulèvement.

Toutes les séries de phénomènes dont se compose l'histoire des terrains, celles des éruptions et des sédimens, des abaissemens du niveau de la mer et de la température terrestre,

des exhaussemens, affaissemens et dislocations des roches, de leur érosion lente par les eaux fluviales, ou de leur excavation par de grands courans, toutes ont eu leur origine et leur rudiment dans la période primaire.

Les phénomènes de l'organisation, bien plus merveilleux que tout ce qui les a précédés, sont venus ensuite animer cette masse terrestre encore inerte, et signaler ses âges subséquens par leurs apparitions successives, leurs rénovations et leurs métamorphoses.

P. S. J'ai joint à cette esquisse historique de la période primaire une planche où sont exprimés en quelques traits peu compliqués :

Aux n.^{os} 1 et 2, un fragment de terrain pyrénéen tel qu'on pourrait le supposer à l'issue de la première, puis de la deuxième époque, et au n.^o 3, les formes principales et originaires des sillons ou excavations allongées des terrains primaires.

N^{os} 1 et 2.

aaa Écorce consolidée du globe.

bbb Couche des détritits agglutinés.

cc Ligne de niveau de la mer primaire.

dd Granits d'éruption (*d* 1 le Mosset).

ee Granits stratifiés, gneiss et schistes graniteux soulevés (*e* 1 le Canigou).

N^o 3.

- a* Sillon de rupture ou de déchirement (gorge de l'Agly à sa sortie des Fenouillèdes).
- b* Sillons d'érosion (de l'Agly à St.-Antoine de Galamus, dans la roche calcaire compacte).
- c* Vallée d'excavation (celle de la Pique, entre les bassins de Luchon et de Cierp).
- d* Vallée de juxtaposition ou longitudinale, (celle de l'Esséra sous le glacier de la Maladetta).

Cette dernière forme s'applique aux vallées d'affaissement. J'ai joint à cette figure l'indication d'une de ces vallées supérieures creusées dans le terrain primaire par de grands courans qui en ont évasé les parois.

FIN.

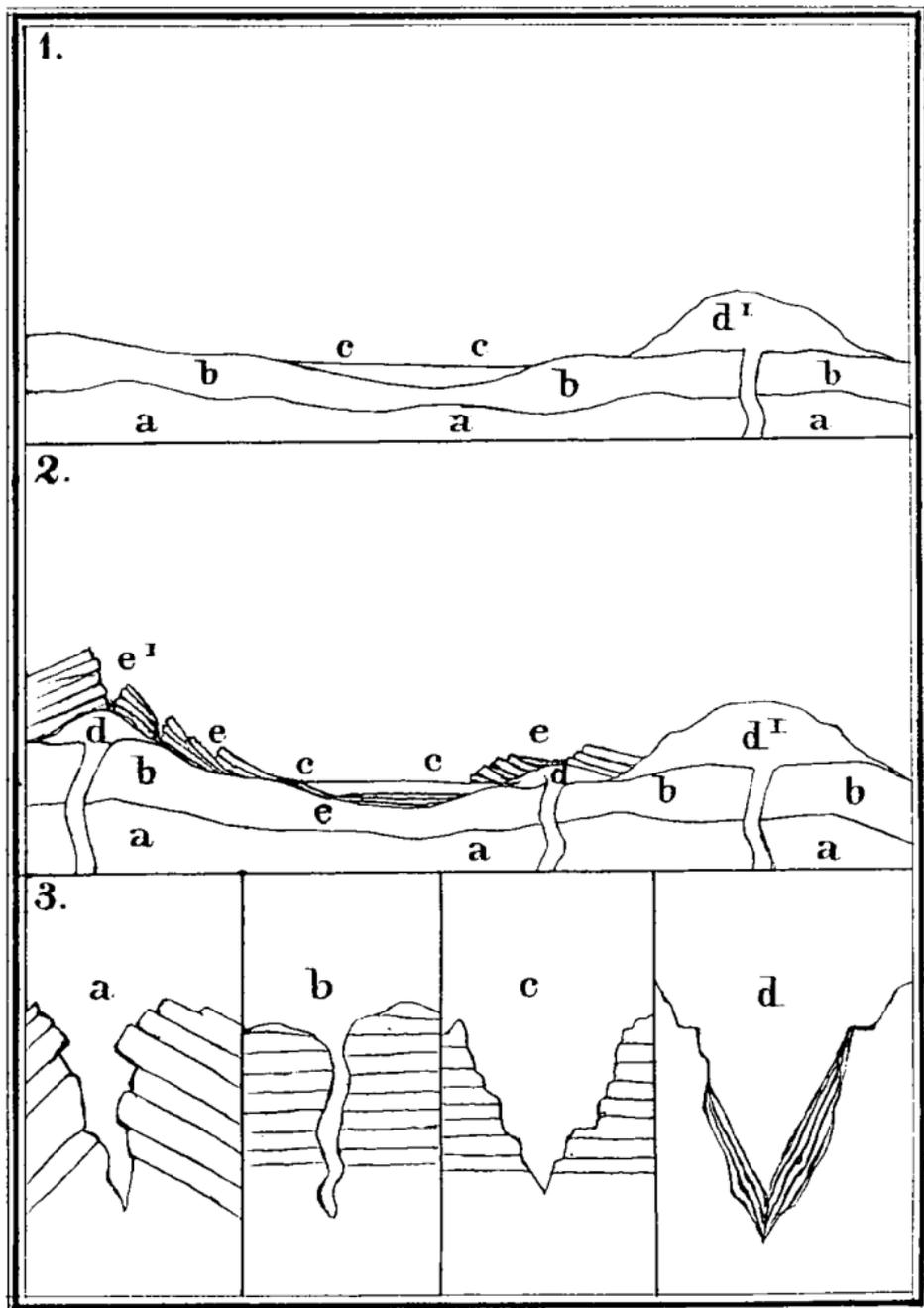


TABLE DES CHAPITRES.

LIVRE I^{er} Prolégomènes.

	Pages.
CHAPITRE I. Introduction.	1
II. Du rapport de la terre à l'univers.	9
III. De l'origine et de l'antiquité du globe terrestre.	11
IV. De la forme de la terre.	13
V. Des dimensions du globe terrestre.	15
VI. De la densité du globe terrestre.	17
VII. De la fluidité originaire du globe terrestre.	20
VIII. Que cette fluidité a été ignée.	24
IX. De la confirmation de cette doctrine, par les argumens <i>a posteriori</i>	27
X. Doctrine fondamentale de l'histoire de la terre.	38
XI. Des temps et des phénomènes qui ont précédé la formation des terrains.	42
XII. De la mer universelle avant l'émer-sion des premiers terrains.	49
XIII. Des diverses espèces de terrains.	59
XIV. Des diverses séries des phénomènes géologiques.	64

- XV. De la division des temps géologiques
en périodes et époques. 72
- XVI. De la nomenclature des roches et
de la minéralogie géologique.
-

LIVRE II. De la Période Primaire.

- I. De la détermination de la période
primaire. 87
- II. De la division de la période primaire
en époques. 92
- III. Des terrains et des roches princi-
pales de la période primaire. 93
- IV. Des terrains primaires inférieurs. 97
- V. Des théories relatives à l'origine de
ces terrains. 107
- VI. Considérations sur la théorie Hutto-
nienne. 115
- VII. Des granits d'éruption et de ceux
d'agglutination. 122
- VIII. Des porphyres de la période pri-
maire. 127
- IX. Des théories de l'éruption. 129
- X. Inductions historiques sur les terrains
de la première époque. 132
- XI. De la concordance de cette théorie
avec plusieurs phénomènes. 141
- XII. Du passage des terrains massifs aux
stratifiés.
- XIII. Examen des granits inférieurs dans
la chaîne des Pyrénées. 149

XIV. Des eaux thermales du granit primaire inférieur.	158
XV. Du granit primaire supérieur ou de la deuxième époque.	161
XVI. Des gneiss et des schistes micacés et talqueux.	164
XVII. Des schistes argilo-quartzeux, et de leurs psammites.	173
XVIII. Des roches calcaires de la deuxième époque.	177
XIX. Des terrains primaires supérieurs pyrogènes.	182
XX. Des espèces minérales disséminées dans les terrains de la période primaire.	188
XXI. Des substances métalliques, combustibles, disséminées dans les terrains primaires.	191
XXII. Considérations sur la composition et la structure des roches de la période primaire.	194
XXIII. Considérations sur les substances combustibles et métalliques primaires.	199
XXIV. De la température du sol terrestre pendant la période primaire.	204
XXV. Des soulèvemens du sol terrestre pendant la période primaire.	208
XXVI. Exemples de soulèvemens de la période primaire dans la chaîne des Pyrénées.	232

XXVII. De l'abaissement du niveau de la mer pendant la période primaire.	243
XXVIII. Des excavations et de la forme des terrains pendant la période primaire.	253
XXIX. Résumé historique de la période primaire.	264

FIN DE LA TABLE.

ERRATA.

Page 16 , dernière ligne ; au lieu de géographique, *lisez* : géognosie.

Page 30 , ligne 14 ; qu'après, *lisez* : que d'après ;

Page 32 , après la ligne 7 ; *ajoutez* : les observations de la température des fontaines artésiennes, viennent d'offrir à M. Arago ce résultat analogue, que leur chaleur s'accroît à raison d'un degré pour chaque 20 ou 30 mètres de profondeur,

Annuaire du bureau de longit. 1834 , p. 235.

Page 53 , ligne 14 ; au lieu de les, *lisez* : le.

Page 120 , ligne 19 ; au lieu des, *lisez* : de.

Page 125 , ligne 25 ; au lieu de au pic, *lisez* : au pied.

Page 254 , ligne 15 ; au lieu de les, *lisez* : ces.

Pézenas, de l'Imprimerie de G. Bonnet.