

DEL
(2)

LEÇONS
DE GÉOLOGIE,
DONNÉES
AU COLLÈGE DE FRANCE,
PAR J.-C. DELAMÉTHÉRIE.

TOME SECOND.

A PARIS,

Chez M^{me}. V^e. COURCIER, quai des Augustins, n^o. 57.

(PARIS). VALADE, IMPRIMEUR DU ROI.

8^o Geol.

1816.

LABORATOIRE DE GÉOLOGIE
DE LA SORBONNE

PPN02299538 PARIS

LEÇONS DE GÉOLOGIE.

SECTION SIXIÈME.

DE LA COMPOSITION ET CRISTALLISATION DES SUBSTANCES DONT SONT COMPOSÉS LES TER- RAINS SECONDAIRES.

TOUTES les terres, tous les alkalis, toutes les substances inflammables, charbonneuses, sulfureuses... toutes les substances métalliques, tous les acides...., qui forment les terrains primitifs, ont été, avant la formation du globe, produits, ou directement, par la combinaison des premières parties de matière, ou par celle des fluides éthérés, des fluidés gazeux...

Cette production a été opérée d'une manière irrégulière, en divers endroits, à différentes époques...., ainsi que nous venons de l'exposer....

Il faut maintenant rechercher l'origine et la composition des mêmes substances qui sont entrées dans la formation des terrains secondaires (1).

(1) Voir ce que j'ai dit *Journal de Physique*, tom. 71, pag. 197 et 283.

On peut supposer, et les faits qui accompagnent les cristallisations prouvent, que, lors de la formation successive des terrains primitifs, toutes les substances, dont ils sont composés, n'ont pas cristallisé; car on trouve, dans ces terrains primitifs, d'assez grandes quantités d'argile, sous forme terreuse. Ces argiles contiennent de la silice, de l'alumine, du fer oxidé; quelquefois, de la chaux, de la magnésie....

Une portion des substances, dont sont composés les terrains primitifs, aura pu, lors de la formation de la croûte du globe, demeurer dissoute, ou suspendue dans les eaux accumulées à cette époque. Mais une autre portion plus considérable se sera déposée au fond de l'Océan, et reposera sur les parties cristallisées primitivement.

Toutes les parties détachées des masses des montagnes, par les causes que nous venons d'assigner, se mêlèrent avec ces substances, qui n'étaient pas entrées dans la cristallisation générale.

A ces matières se joignirent postérieurement les débris des êtres organisés des continents, charriés, par les eaux courantes, jusques dans les grands bassins.

Les dépouilles des animaux marins, comme coraux, madrepores, coquilles..., celles des plantes marines, se mêlèrent aussi à ces substances.

Enfin, ce grand nombre de substances accumulées, soit celles qui provenaient des terrains primitifs, soit celles qui provenaient des dépouilles des êtres organisés, fut décomposé. Leurs molécules furent réduites à leur état élémentaire, à leur *état naissant*.

On peut supposer également qu'après les cristallisations primitives, il est demeuré dans les eaux-mères des portions des acides et des alkalis, qui n'étaient pas entrées dans ces cristalli-

sations. Elles se sont donc combinées avec les substances dont nous venons de parler.

Mais toutes les substances, qui ont été nécessaires pour la formation des terrains secondaires, ne viennent pas uniquement des eaux mères des cristallisations primitives, ou des détritits des terrains primitifs. Il faut donc supposer qu'il s'en est formé postérieurement, et qu'il s'en forme encore tous les jours.

Et, en effet, il ne paraît pas qu'on puisse douter que le soufre ne se forme journellement, dans les pyrites qui se trouvent dans les argiles, dans les bois fossiles, dans les houillères, dans les tourbes.... Le soufre paraît également se former chaque jour chez les êtres organisés. On le trouve dans l'œuf, dans le sang....

Ce soufre, de nouvelle formation, se combinera avec l'oxygène, et donnera de l'acide sulfureux et de l'acide sulfurique, pour former les gypses, les sulfates métalliques....

On doit appliquer au phosphore ce que nous venons de dire du soufre. Il se forme également chez les animaux et les végétaux. Se combinant ensuite avec l'oxygène, il forme l'acide phosphorique et les phosphates.

L'acide carbonique, si abondant dans les cristallisations secondaires, peut venir en partie de la décomposition de certaines substances des terrains primitifs, et des eaux-mères des cristallisations primitives.

Une autre portion aurait pu demeurer suspendue dans l'air atmosphérique.

Mais on ne saurait douter qu'il ne se soit formé postérieurement une grande quantité de charbon. Nous voyons effectivement que cet acide se produit journellement chez les végétaux et les animaux, par la respiration et par l'action de leurs forces vitales. Leurs dépouilles, en se décomposant, soit par les di-

verses espèces de fermentation, soit par la combustion, fournissent constamment une grande quantité de cet acide.

Ceci suppose que le charbon est produit, chez les êtres organisés, comme le soufre, le phosphore...

L'acide muriatique des terrains secondaires a pu venir en partie des primitifs, où il est néanmoins peu abondant. Mais on le voit se former journellement dans les nitrières et chez les êtres organisés. Le sel marin, si abondant dans les sables brûlans des contrées équinoxiales, dans les terres... paraît également un produit nouveau, qui, charrié dans les mers et dans les lacs, rend leur eau salée.

L'acide nitrique n'a pas été trouvé dans les cristallisations primitives. Celui qui existe dans les terrains secondaires, comme les craies..., est donc d'une formation nouvelle. Sa décomposition trop facile l'empêche sans doute d'entrer dans les grandes cristallisations minérales, car il s'en forme journellement une assez grande quantité, dans les nitrières, qu'on voit ensuite disparaître.

L'acide boracique n'a pas encore été trouvé dans les cristallisations primitives. Il appartient vraisemblablement aux seules cristallisations secondaires. On le voit se former journellement dans les lagonis...

L'acide fluorique, assez abondant dans les terrains primitifs, se trouve dans quelques produits des cristallisations secondaires, comme dans les fluors des environs de Paris. Une portion a pu provenir des cristallisations primitives; mais il s'en forme aussi chaque jour, comme les nouvelles analyses l'ont fait voir, dans les dents, les os des animaux, leurs urines...

Quant aux acides métalliques, il ne s'en trouve point dans les terrains secondaires; mais ils pourraient s'y former par l'oxidation des métaux, tels que l'acide molybdique, dans le plomb jaune de Carinthie...

Les deux alkalis fixes, le natron et la potasse, se trouvent dans les terrains primitifs. Il aura donc pu en demeurer des portions dans les eaux-mères primitives; une autre portion aura été dégagée de la décomposition de ces terrains. Mais on ne saurait douter qu'il ne s'en forme journellement, et dans les rivières, et chez les êtres organisés. Ces derniers pourront donc passer dans les cristallisations minérales secondaires.

Les substances métalliques ont été formées avec les cristallisations primitives. Il aura pu, par conséquent, en demeurer une portion dans les eaux-mères; une autre portion aura été charriée, des terrains primitifs, par les eaux. Mais tous les faits paraissent indiquer qu'il s'en forme journellement chez les êtres organisés. Ils contiennent d'assez grandes quantités de fer, de manganèse, peut-être des portions d'or... qu'on ne saurait attribuer qu'à des formations nouvelles.

Toutes les terres se trouvent dans les terrains primitifs. Une portion a pu demeurer dans les eaux-mères: d'autres portions ont été détachées par la décomposition des montagnes primitives, et charriées dans les grands bassins.

Mais ces terres demeurées non dissoutes dans les eaux-mères des cristallisations primitives, et celles venues de la dégradation de ces terrains, n'ont pas seules concouru à la formation des terrains secondaires. Les dépouilles des êtres organisés, les animaux et les végétaux, en ont aussi fourni une grande quantité... car il paraît certain que leurs forces vitales produisent la plus grande partie des terres, la silice, particulièrement chez toutes les graminées..., la magnésie, particulièrement chez les animaux marins, les mammoux; l'alumine et la terre calcaire, qui est si abondante chez tous les animaux... Toutes ces terres y produisent comme le fer, la manganèse, le soufre, le phosphore....

Après la mort de ces différens êtres organisés, les uns sont

emportés tout entiers ou en parties dans les eaux, et ils se conservent dans les nouvelles couches, tels sont les bois fossiles, plusieurs plantes, quelques animaux, des coquilles, des ossements....

Mais la plus grande partie se décompose, et leurs principes sont désunis; leurs molécules sont réduites à leur *état naissant*; une partie demeure sur le sol qu'ils habitaient; une autre est emportée par les eaux; et une troisième, celle qui est volatilisée s'élève dans l'atmosphère, mais cette dernière partie est presque toute reprise par les eaux des pluies.

On conçoit assez facilement que la silice, l'alumine, et la magnésie, ainsi que les substances métalliques, qui se trouvent dans les terrains secondaires, ont pu être fournies par les causes que nous venons de détailler: une partie provient de celles de ces substances, qui n'ont pas été employées dans les cristallisations primitives: une autre provient des débris de ces terrains primitifs entraînés dans les eaux des mers, et des dépouilles des êtres organisés.

Mais la difficulté est plus grande relativement à la chaux, ou à la terre calcaire. Elle est peu abondante dans les terrains primitifs, tandis qu'elle fait la presque totalité des terrains secondaires.

La formation de cette grande quantité de chaux des terrains secondaires, doit être attribuée assez vraisemblablement aux êtres organisés, surtout aux mollusques avec coquilles, aux polypes des madrepores, des coraux.... Les os des animaux osseux en fournissent également. Les végétaux en contiennent une plus ou moins grande quantité.

Tous ces différens principes, quellequ'ait été leur origine, qui composent les terrains secondaires, ont été tenus en dissolution dans les eaux. Ils se sont combinés et ont cristallisé, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse.

Il faut supposer qu'ils ont été réduits à l'état élémentaire, à l'état naissant.

Quelques unes de ces substances n'ont point été dissoutes ; elles ont été seulement à l'état terreux, comme les argiles. Les eaux les ont tenues en suspension, et les ont déposées.

De tous ces faits nous devons conclure que la formation et la cristallisation des substances, dont sont composés les terrains secondaires, sont dues aux mêmes causes que celles des terrains primitifs. Les molécules de ces substances ont été réduites à leur état élémentaire, ou à l'état naissant. Elles se sont unies, combinées, et ont cristallisé, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse, en obéissant aux lois des affinités.

L'origine de ces substances des terrains secondaires peut donc être attribuée à trois causes :

a. Ou elles ont été produites comme celles des terrains primitifs, par la combinaison des parties premières de la matière, ou plutôt par celle des fluides éthérés et gazeux.

b. Ou elles ont été produites chez les êtres organisés par l'action de leurs forces vitales, ou ailleurs, comme dans les nitrières, par l'action d'autres forces, soit par la combinaison des parties premières de la matière, soit plutôt par la combinaison du gaz, des fluides éthérés, de l'eau....

c. Ou elles ont été apportées des terrains primitifs, soit qu'elles soient les produits des détritits de ces terrains primitifs ; ou le résidu des eaux-mères des cristallisations primitives.

1. Celles de ces substances qui ont été produites par une continuation des combinaisons des parties premières de la matière qui avaient produit les substances des terrains primitifs, ont cristallisé par une suite de la même action qui avait fait cristalliser ces substances elles-mêmes des terrains primitifs.

II. Celles de ces substances des terrains secondaires, qui ont été produites chez les êtres organisés, dans les nitrières, ou ailleurs, par les combinaisons, soit des parties premières de la matière, soit par celles des fluides étherés et gazeux, avaient acquis d'abord de la consistance en se combinant entr'elles, comme on le voit dans les coquilles, dans les coraux, les madrepores, dans les os, dans les bois... Elles ne peuvent s'unir dans cet état, ni former de nouveaux composés.

Mais après la mort des animaux, des végétaux, ces coquilles, ces madrepores, ces os, ces bois... se *décomposent* : leurs molécules sont réduites à leur état élémentaire, à leur *état naissant*, et elles deviennent pour lors susceptibles de former de nouvelles combinaisons, de nouveaux composés.

Un amas, par exemple, de coquilles seulement brisées, comme à Grignon, comme dans les falhunières de la Touraine... ne forme qu'une masse pulvérulente.

Mais si on suppose une partie de ces coquilles décomposée, et que leurs molécules soient réduites à leur *état naissant* : Si on suppose encore que des eaux chargées d'acide carbonique coulent sur cette masse, elles charrieront ces molécules à l'*état naissant*, lesquelles s'uniront, se combineront, avec de l'acide, et envelopperont dans leur masse les portions de coquilles brisées : c'est ainsi que sont formées toutes les pierres coquillères, dont les coquilles sont empâtées par des calcaires.

Les grès cristallisés de Fontainebleau sont formés de la même manière. C'est de la chaux unie à l'acide carbonique, qui cristallise au milieu des grains de sable qu'elle enveloppe.

Le gypse, ou chaux sulfatée, enveloppe également des ossements, quelquefois des coquilles...

III. Quant aux substances des terrains secondaires, qui ont été apportées des terrains primitifs, il faut également supposer qu'elles ont été décomposées, pour pouvoir se combiner

de nouveau, et que leurs molécules ont été réduites à l'état naissant, comme celles dont nous venons de parler.

Ces vérités deviendront plus sensibles dans l'exposition de la formation des différens terrains secondaires, que nous allons faire.

DE LA COMPOSITION DES PIÈRES CALCAIRES COMPACTES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Ces pierres composent la plus grande partie des terrains secondaires; mais elles s'y présentent sous une multitude de formes différentes, comme nous l'avons exposé ailleurs (1) : elles forment,

- a. Les calcaires cristallisés ;
- b. Les albâtres ;
- c. Les marbres ;
- d. Les calcaires compactes ;
- e. Les calcaires non-compactes ;
- f. Les calcaires coquilliers ;
- g. Les tufs calcaires.

Tous ces différens calcaires sont composés de chaux dissoute par l'acide carbonique. Ils sont rarement purs; mais ils sont mêlés le plus souvent avec d'autres substances, telles que la silice, l'alumine, la magnésie, le fer oxidé, des substances bitumineuses....

Le mode, dont ils ont cristallisé, les fait encore beaucoup varier.

Si la dissolution a été parfaite, et que la cristallisation se soit

(2) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

opérée tranquillement, elle aura donné les différens calcaires cristallisés.

Si la cristallisation ne s'est pas opérée avec tranquillité, on aura les calcaires compactes, tels que les albâtres, les marbres....

Enfin une cristallisation plus troublée... donnera les calcaires plus ou moins poreux, les tufs calcaires...

On doit distinguer plusieurs époques dans la formation de ces calcaires secondaires.

1°. La première est celle des calcaires, qui touchent les terrains primitifs. Plusieurs contiennent des portions de serpentine, tels sont les marbres de Campan, dans lesquels on distingue quelques dépouilles d'êtres organisés.

2°. Les calcaires de la seconde époque sont également voisins des terrains primitifs; mais ils ne contiennent que de la chaux carbonatée, mélangée quelquefois d'alumine, de silice, de fer et de manganèse oxidés....

On y trouve quelques débris d'êtres organisés, tels que des cornes d'ammon, des gryphites, des bélemnites, des entroques....

3°. Des calcaires de la troisième époque sont encore postérieurs à ceux-ci. Ils sont en général moins compactes que les deux premiers.

Ils contiennent une très-grande quantité de coquilles, de madrepores....

Leur dureté, leur pesanteur... varient suivant le mode de cristallisation.

4°. Enfin ceux de la quatrième époque paraissent n'être composés que d'une réunion de coquilles plus ou moins entières, plus ou moins brisées, tels sont les falhuns de la Touraine, les masses calcaires du côté de Grignon, dont quelques-unes ont

une dureté analogue à celle de la pierre, parce qu'elles sont liées par un ciment calcaire ; des calcaires de Mont-Rouge, auprès de Paris, qui paraissent presque uniquement composés de coquilles appelées millionites..... des calcaires auprès de Mayence paraissent presque uniquement composés de petits bulimes.

5°. Les tufs calcaires... ont peu de dureté.

Les calcaires secondaires forment des masses immenses, qu'on rencontre quelque fois aux points les plus élevés de ces terrains, comme aux Andes, aux Alpes....

Aux Pyrénées il y a des calcaires coquilliers sur le pic du Midi, à 1500 toises de hauteur.

Mais on doit observer que les pierres calcaires qui composent une contrée, varient continuellement : c'est ce qu'on observe constamment dans les environs de Paris. Les architectes connaissent bien les différences de ces différentes pierres...

Les pierres calcaires des plaines de Mont-Rouge sont très-dures : les ouvriers leur donnent le nom de cailloux... Elles font feu sous les instrumens des ouvriers qui les travaillent. Aussi contiennent-elles une certaine quantité de silice.

Les pierres calcaires de Saint-Leu, à quatre lieues de Paris, sont tendres, et se laissent pénétrer facilement par l'eau : cette eau se gèle en hiver, et la pierre se décompose.

Tous ces calcaires dont nous venons de parler, paraissent avoir cristallisé dans les eaux des mers, puisqu'ils contiennent de grandes quantités de fossiles marins, coquilles marines, madrepores.

D'autres calcaires ont été formés dans les eaux douces, dans des lacs d'eaux douces.

De troisièmes ont été formés d'une autre manière, comme les stalactites, les albâtres....

DE LA FORMATION DES COUCHES DE CRAIE.

La craie est une autre formation calcaire, qui mérite toute l'attention du géologue.

La craie se distingue particulièrement par son état terreux ; sa cristallisation a été précipitée, et ressemble à une *cristallisation grenue* (1) ; car quand on l'observe avec la loupe, on y distingue quelquefois des élémens de cristallisation. Elle est d'ailleurs à peu près saturée d'acide carbonique ; mais elle est le plus souvent mélangée avec de la silice, de l'alumine, de la magnésie, du fer oxidé...

Cette cristallisation de la craie a été troublée : elle ressemble à celle qu'obtiennent quelquefois du nitre les salpêtriers. Lorsqu'ils veulent obtenir une cristallisation *grenue* de ce sel, ils agitent beaucoup la dissolution, au moment où elle est près de la cristallisation. Le sel, pour lors, ne forme pas des masses, ou des cristaux volumineux, mais il cristallise en grains.

« Lorsque la totalité de la liqueur de la chaudière (prête à cristalliser), disent les auteurs de l'*Art de fabriquer la Poudre à canon*, page 91, y a été versée, on l'agite avec des rabots ; à l'aide desquels on lui imprime un léger mouvement, ayant pour objet de faciliter le dégagement du calorique. A mesure que la précipitation de ce salpêtre cristallisé a lieu, on le ramène avec des rateaux le long des bords du cristalliseur, en l'y amoncelant, de manière qu'il puisse s'égoutter très-promp-

(1) Voir mon Mémoire sur la formation de la craie, Journal de Physique, décembre 1814, tome 79.

» tement. En retirant ainsi successivement le salpêtre à mesure
 » qu'il se précipite en *aiguilles extrêmement tenues*, on a soin
 » de ne pas ralentir un seul instant l'agitation de la liqueur, afin
 » d'éviter qu'il NE S'Y FORME DE PLUS GROS CRISTAUX.... »

Cette manipulation prouve qu'il suffit d'agiter la liqueur pour éviter qu'il se forme de gros cristaux.

On suit un procédé analogue, dans les salines, pour avoir en petits cristaux le sel de glauber, ou sulfate de soude, qu'on en retire. On agite beaucoup la liqueur au moment où elle cristallise.

Les mêmes phénomènes s'observent dans les marais salans. Le sel y cristallise en grains d'autant plus petits que la liqueur y est plus agitée....

Ces faits me paraissent indiquer les causes qui ont fait cristalliser la craie. Le liquide qui la contenait était dans une assez grande agitation pour empêcher la formation de cristaux d'un certain volume. Sa cristallisation a donc été en très-petits cristaux, qui avaient une apparence terreuse.

J'appelle cette cristallisation *en grains*, ou GRENUË. Elle n'a pas permis à cette combinaison de chaux et d'acide carbonique de former des masses comme les pierres calcaires, les marbres...

Cependant l'agitation du liquide n'a pas été assez considérable pour briser toutes les coquilles : plusieurs y sont contenues; et il en est un grand nombre qui y ont été conservées plus ou moins entières, plus ou moins brisées.

La craie forme des couches considérables dans les terrains secondaires. Elle présente différentes variétés.

La craie des environs de Paris contient un assez grand nombre de coquilles fossiles. On y distingue particulièrement des oursins, des bélemnites, des pinnes marines.... On en doit conclure qu'elle a été formée dans le sein des mers.

Elle est composée de

Chaux carbonatée.	79
Silice.	9
Magnésie carbonatée.	11

Ces bancs de craie des environs de Paris paraissent commencer au fond de la Champagne, sur les frontières des terrains primitifs des Vosges : ils s'étendent jusqu'à l'Océan. On les retrouve de l'autre côté de la Manche, en Angleterre.

La craie ne se rencontre pas dans tous les terrains secondaires. On la trouve rarement dans les terrains des Etats-Unis, en Amérique, dit Maclure (*Journal de Physique*, tome 72, page 137).

Les substances calcaires, sous quelques formes qu'elles se trouvent, ou à l'état compacte, comme les albâtres et les marbres... ou à l'état plus ou moins spongieux, comme les tufs calcaires.... ou à l'état presque terreux, comme les craies, ou à l'état entièrement terreux, comme l'agaric minéral, la farice fossile.... sont composées, en général, des principes suivans :

Chaux.	56	7
Acide carbonique.	43	3
Eau de cristallisation.	x	

Il est rare que ces substances soient parfaitement pures : elles sont, le plus souvent mélangées,

- De silice,
- De l'alumine,
- De la magnésie, comme la dolomie,
- Du fer oxidé...
- Des parties bitumineuses, comme les marbres noirs, les pierres puantes...

Ces parties hétérogènes produisent un grand nombre de variétés parmi les calcaires ; mais ce sont le plus souvent de simples mélanges qui les souillent, comme dit Bérghman, sans en chan-

ger la nature. Car la craie, quoique contenant de la silice, et quelquefois de la magnésie... est toujours de la craie, plus ou moins pure.

Les vrais principes constituans du calcaire sont donc l'acide carbonique et la chaux. Le géologue doit rechercher d'où a pu venir la quantité prodigieuse de ces deux substances, pour produire tout le calcaire des terrains secondaires.

L'acide carbonique est composé de carbone et d'oxygène. Une partie de cet acide provient,

1°. Des terrains primitifs.

2°. Une autre partie était demeurée dissoute dans les eaux-mères.

3°. Une troisième partie avait été suspendue dans l'air atmosphérique.

4°. Enfin une quatrième partie provient des êtres organisés, et de leur décomposition.

Ces diverses portions d'acide carbonique furent dissoutes par les eaux, dans lesquelles s'opérait la cristallisation du calcaire secondaire.

Quant à la chaux, elle fut également fournie par diverses causes.

1°. Par les eaux-mères qui en contenaient une certaine portion.

2°. Par les terrains primitifs. Nous avons vu qu'il y a un certain nombre de pierres calcaires.

La chaux se trouve dans un grand nombre de substances des terrains primitifs.

Les eaux auront charrié des portions de chaux venant de ces diverses substances, ainsi que du calcaire primitif.

Néanmoins il ne paraît pas que ces causes eussent été suffisantes pour fournir toute cette chaux.

3. Il faut donc chercher ailleurs l'origine de cette quantité

immense de chaux. Or, on peut en concevoir l'origine si on fait attention que c'est elle qui domine chez les êtres organisés, surtout chez les animaux marins, et particulièrement dans les coquilles des testacées, où ces coquilles paraissent avoir été dans une quantité étonnante, comme on en peut juger par des bancs de pierres coquillières, de falhun, de craie... qui sont presque uniquement composés des débris des coquilles. Il y en a même un certain nombre d'entières.

Les madrepores, les coraux, ont également beaucoup fourni aux couches des terrains secondaires. *Donati* rapporte que tout le fond de la mer Adriatique est rempli de coraux et de madrepores... Les côtes de Nice et de Provence en contiennent aussi une très-grande quantité...

La plus grande partie des îles de la mer du Sud est environnée de rescifs de coraux, et de madrepores; et ces îles elles mêmes en sont presque toutes formées.

On retrouve ces coraux dans la Baltique...

Or, nous avons vu que la plus grande partie des calcaires secondaires est remplie de coquilles de madrepores... Quelques-uns en sont même uniquement composés.

Toutes ces causes auront donc pu fournir la quantité immense de terres calcaires dont sont composés les terrains secondaires; elles auront fourni également de la magnésie, de l'alumine, de la silice, et des parties métalliques...

Ces produits nouveaux se réunissent, 1^o. aux substances contenues dans les eaux-mères des cristallisations primitives, 2^o. aux détritits de ces mêmes terrains primitifs. Les calcaires secondaires furent donc formés de ces diverses substances.

Toutes ces substances, soit celles venues des terrains primitifs, soit celles venues des êtres organisés... se décomposeront. Les molécules du calcaire seront réduites à leur état élé-

mentaire, à leur *état naissant*; les eaux les charrieront, et rencontrant de l'acide carbonique, elles formeront un nouveau calcaire.

DE LA FORMATION DES SILEX , DES CALCÉDOINES , DES MÉNILITES... QUI SE TROUVENT DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Au milieu des couches de craie se trouvent des silex, ordinairement en masses isolées, arrondies et très-irrégulières. Ils forment néanmoins des espèces de strates ou couches. Dans les craies des environs de Paris, les silex forment des espèces de strates éloignés les uns des autres environ de six pieds.

On voit néanmoins dans les craies de Meudon, une couche de silex qui est presque continue. Elle est fort mince, car son épaisseur n'est environ que d'un pouce : c'est pourquoi les ouvriers l'appellent *plaquette*.

On avait cru que le silex ne se trouvait que dans les craies, mais on le trouve également ailleurs. Auprès d'Issi, aux environs de Paris, on en voit une couche épaisse d'environ un pouce, dans des couches de pierre calcaire.

Les plâtres des environs de Paris contiennent aussi des silex. Ceux-ci sont ordinairement creux, et leurs cavités sont remplies de plâtre.

Les pierres meulières, ou *molarites*, sont de la nature siliceuse. On en trouve dans les environs de Paris en plusieurs endroits :

a. Au milieu des sables dont sont couvertes toutes les sommités de ces cantons, on voit même dans différens endroits, comme à Daumont, le sable passer à l'état de silex. C'est, je crois, cette variété, que Wallerius a désigné sous le nom de

silex arenarius. J'ai vu également ailleurs, à Bodemont, proche la Clayette (1) le sable passer à l'état siliceux.

b. La pierre meulière se trouve encore très-souvent au milieu d'une argile ocracée, comme auprès d'Essone.

Enfin, nous avons vu des bois, des coquilles... changés en matière siliceuse, en halbopale, holzopale...

Tous les pissites, ou pechsteits des terrains secondaires, comme la ménilite, les pissites de Montfort-Lamaury... sont de la nature siliceuse.

On trouve en Franche-Comté, du côté de Poligny, des silex qui contiennent du soufre.

Il y a auprès de Paris, à Saint-Ouen, des silex extrêmement légers, qui nagent sur l'eau.

Les calcédoines secondaires sont des silex dont la pâte est un peu plus fine. Il y en a un assez grand nombre aux environs de Paris. On en trouve au milieu du calcaire, à Champigny, une variété qui est très-belle.

On trouve aussi, dans des terrains secondaires, comme à Montfort-Lamaury, à peu de distance de Versailles, des pissites.

La nature du silex et sa formation ont toujours présenté de grandes difficultés aux géologues. On ne peut parvenir à la solution de ces problèmes difficiles qu'en rapprochant et comparant tous les faits que nous venons d'exposer.

Quelques minéralogistes ont supposé que les silex étaient les produits d'animaux pétrifiés, *silicifiés*, comme les bois ou les holzopales, et les coquilles silicifiés. Ils pensent que des animaux marins pulpeux, les molluques sans coquilles, tels que l'ortie de mer, les holothuries... qui se trouvaient dans les

(1) *Théorie de la Terre.*

couches de craie, ont été pénétrés par un suc siliceux, et convertis en silex. Les eaux, suivant eux, s'insinuent à travers les craies, dissolvent une portion de silice, et viennent se rendre dans ces amas supposés d'animaux, réunis en couches, où elles forment ces couches siliceuses.

Cette opinion ne me paraît pas pouvoir se soutenir par plusieurs raisons.

a. Les pierres meulières sont de la nature siliceuse, et elles forment des masses très-considérables dans des terres argileuses...

b. Nous avons vu les sables passer à l'état siliceux.

c. Les bois, les coquilles, passent également à l'état siliceux.

d. Les calcédoines secondaires se trouvent ailleurs que dans les craies.

e. Nous avons vu des silex former des couches dans la pierre calcaire.....

Il est donc plus probable que les silex en général sont formés d'une portion de silice non combinée. Toutes les terres, les argiles, les marnes, les craies, les polier-schiffer, les laves... contiennent des portions plus ou moins considérables de cette silice non combinée. Les eaux, qui traversent ces terres, dissolvent et charrient cette silice, qu'il faut supposer à l'état *naisant*. Lorsque la dissolution et la cristallisation sont parfaites, on a un vrai quartz cristallisé; comme à Neuilly proche Paris, comme dans plusieurs geodes siliceuses sur l'asphalte d'Auvergne. Si la dissolution et la cristallisation sont moins parfaites, on a des silex, des calcédoines..., et les dépôts s'en font dans les différens gîtes dont nous venons de parler.

Enfin, la formation de ces silex, de ces calcédoines... dans ces terrains secondaires, doit être attribuée aux mêmes causes, que celles de ces substances dans les terrains primitifs, dans les terrains volcaniques.

Je pense donc que, dans ces masses de craie, où sont ces

grandes quantités de silex, la silice se trouve à son état élémentaire, à son *état naissant*. Ses molécules sont charriées par les eaux; elles se rapprochent, se combinent, et forment ces silex.

La même chose a eu lieu dans les couches de pierres calcaires d'Issy.

Les silex, des couches de gypses de Montmartre, ont été produits de la même manière.

Enfin, les molarites, si abondans dans des couches argilo-ferrugineuses;

Les belles calcédoines de Champigny, dans des terrains secondaires, près Paris;

Les ménilites de Mesnil-montant, les pissites de Monfort-Lamaury..... ont tous la même origine.

La formation de ces silex, de ces ménilites, de ces calcédoines secondaires... est analogue à celle des agates, des calcédoines, des pissites..... dont nous avons parlé ci-devant. La terre alumineuse, les oxides de fer..... qui sont mélangés avec la silice, empêchent celle-ci de cristalliser régulièrement.

DE LA COMPOSITION DES COUCHES DE GYPSES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les gypses secondaires forment une autre partie des terrains dont nous parlons. Ils sont en moins grandes masses que les couches calcaires. Néanmoins, ils ne laissent pas que de former des monticules et des chaînes considérables.

Les plâtres des environs de Paris, occupent un espace de trente lieues de longueur environ, et sept lieues de largeur.

Ces gypses secondaires sont plus ou moins purs. On en trouve, en Bourgogne, et ailleurs, de très-purs, qui ne contiennent que de la chaux et de l'acide sulfurique.

Les plâtres des environs de Paris, contiennent une assez

grande quantité de chaux carbonatée. Cette chaux carbonatée, calcinée avec le gypse, est réduite en chaux vive. Elle forme alors une espèce de mortier. C'est pourquoi ce plâtre est meilleur que ceux qui sont purs.

Les couches de gypses secondaires ont été ordinairement formées dans les eaux des mers. J'ai trouvé, dans les gypses des environs de Paris, des poissons marins, un spare, un ésoce... (*Journal de Physique*) qui ont été reconnus pour des poissons marins.

De savans géologues pensent, au contraire, que la plus grande partie des gypses secondaires a été déposée dans des lacs d'eau douce. C'était l'opinion de Lamanon. Il n'est pas douteux que quelques-unes des carrières de gypse secondaire n'aient été formées dans des eaux douces, comme dans les lagonis de Toscane, ainsi que je l'ai dit, *Théorie de la Terre*, tom. 5, pag. 137. Mais celles de Montmartre y ont-elles été formées? C'est ce que nous examinerons ailleurs, et nous prouverons qu'elles ont été formées dans les eaux des mers.

On trouve, au milieu des couches de plâtre de Montmartre, de Mesnil-Montant..., des silex, des ménilites...

DE LA COMPOSITION DES COUCHES D'APPATIT, DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Proust a trouvé, dans les montagnes secondaires de l'Estramadure, des couches immenses d'appatit, ou de phosphate calcaire, dans lequel sont quelques portions d'acide fluorique, d'acide marin, et d'acide carbonique (1). Sans doute on rencontrera de pareilles substances dans d'autres parties du globe; il faut donc en rechercher l'origine.

(1) *Journal de Physique*, tom. 32, pag 241.

Elle est la même que celle des autres couches des différentes substances, dont nous venons de faire l'exposition. Des eaux, soit des mers, soit des lacs, tenaient en solution ces matières diverses. Elles se sont unies, combinées et ont formé ce phosphate calcaire.

Il est composé de chaux, de silice et d'acide phosphorique, joints à quelques autres acides, le fluorique, le muriatique.... L'origine de la chaux de ces pierres est la même que celle de la chaux des autres pierres de cette nature.

Quant à l'acide phosphorique, on peut supposer qu'il provient des animaux, chez lesquels il est si abondant. Ces phosphates calcaires peuvent donc être regardés comme un produit de la décomposition de certains animaux.

Cet acide phosphorique pourrait néanmoins avoir été apporté des terrains primitifs. Mais il paraît plutôt provenir ici des animaux.

L'acide phosphorique s'est combiné avec de la chaux. Le phosphate calcaire, qui en a été formé, a été tenu en solution par les eaux pendant quelque tems. Enfin, par une des causes dont nous avons parlé, le dissolvant a cessé d'agir, et ce phosphate a cristallisé d'une manière confuse.

Cette cristallisation a formé des couches analogues à celles des calcaires, des gypses....

L'acide fluorique et l'acide marin ont également été formés par les animaux, ou sont de formation nouvelle.

Mais pour que cette combinaison de chaux et d'acide phosphorique et autres acides ait eu lieu, il faut supposer que la chaux, ou terre calcaire, ait été réduite à son état élémentaire, que ses molécules étaient comme à leur *état naissant*. Charriées alors par les eaux, elles ont pu se combiner avec l'acide phosphorique et les autres acides.

DE LA COMPOSITION DU FLUOR DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

On a trouvé à Neuilly, proche Paris, par conséquent dans des terrains secondaires, du fluat calcaire cristallisé avec du calcaire (1).

La formation de ces fluors est due aux mêmes causes que celle du calcaire, du gypse....

Cet acide fluorique pourrait avoir été apporté des terrains primitifs; mais il paraît plutôt provenir des animaux, ou être de formation nouvelle, comme dans les dents....

DE LA COMPOSITION DES SCHISTES DANS DES TERRAINS SECONDAIRES.

On trouve, dans les terrains secondaires, d'immenses couches de schistes, qui diffèrent entièrement des schistes primitifs (2). Ces schistes secondaires se distinguent particulièrement des autres, par la grande quantité de débris d'êtres organisés qu'ils renferment. Les schistes qui recouvrent les couches bitumineuses, sont le plus souvent remplies d'impressions de plantes, de poissons....

Les ardoises d'Angers contiennent des impressions d'une espèce de crustacés dont on ne connaît pas l'analogie.

Des schistes secondaires se trouvent aux environs de Paris. Ils contiennent une grande quantité de silice qui les rend propres

(1) *Journ. de Phys.*, tom. 63.

(2) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 177.

à polir ; c'est pourquoi Klaproth leur a donné le nom de schiste à polir, *polier-schiffer*. Ces schistes forment des bancs, qui alternent avec les couches des gypses : ils sont parallèles, et se divisent en feuillets très-minces.

Ces schistes forment des couches régulières, plus ou moins étendues, alternant régulièrement avec d'autres couches de diverses substances minérales.

Elles ont donc été déposées en obéissant aux lois des affinités.

Les matières des schistes ne sont cependant point solubles dans les eaux. Elles n'ont pu y être tenues qu'en état de suspension.

DE LA COMPOSITION DES COUCHES ARGILEUSES DES TERRAINS SECONDAIRES.

De grandes masses des terrains secondaires sont formées de couches argileuses, qui diffèrent entièrement des argiles primitives. Je les appelle secondaires, parce qu'elles contiennent ordinairement beaucoup de débris d'êtres organisés, tels que des poissons, des plantes... dans lesquelles on distingue des fougères, des bambous, des roseaux, des scirpus... quelquefois des coquilles.

Les terrains des environs de Paris contiennent deux couches d'argiles secondaires très-remarquables.

La première est située au-dessous des sables qui couvrent tous les sommets de ces cantons, et au-dessus des couches de marne et de *kleb-schieffer*. Cette couche d'argile contient,

- 1°. Des cristaux de sélénite ;
- 2°. Des rognons de strontiane sulfatée ;
- 3°. Une couche mince de petites coquilles du genre des *tel-*
lines...

La couleur de cette argile est d'un gris verdâtre.

Il s'y trouve quelquefois de la chlorite.

La seconde couche d'argile des terrains des environs de Paris est au-dessus des craies, et au-dessous des couches de plâtres et des pierres calcaires. Elle contient,

- 1°. Des bois bitumineux ;
- 2°. Des sables quartzeux ;
- 3°. Des cristaux de sélénite, ou de gypse.

La couleur de cette argile est d'un gris foncé.

D'autres couches d'une argile différente se trouvent au-dessus de Paris, en remontant la rivière. Elles commencent à la porte de Paris, du côté de Ville-Juif, et s'étendent par Choisy, Essonne... Sa couleur est d'un rouge ocracé. Elle contient une grande quantité de pierres meulières, *molarite*.

Il y a encore, dans Paris même, dans le quartier des Tuileries, une autre couche d'argile assez solide pour servir de fondement aux plus grands bâtimens, tels que le château des Tuileries... Cette argile est d'une couleur jaunâtre.

Tous les terrains secondaires contiennent des quantités plus ou moins considérables de différentes argiles.

Ces argiles sont employées dans les arts, pour faire les tuiles, les briques... les poteries...

L'origine de ces argiles des terrains secondaires doit être attribuée à plusieurs causes.

1°. Une partie peut provenir des eaux-mères de la cristallisation des terrains primitifs.

2°. Une autre portion peut provenir des argiles qui se trouvent dans les terrains primitifs, et qui aura été charriée par les eaux.

3°. Mais la portion la plus abondante provient de la décomposition des pierres des terrains primitifs. Nous avons vu que toutes ces pierres contiennent une assez grande quantité d'alumine. La décomposition des feldspaths, et de ceux des granits où le feldspath abonde, tels que ceux de Saint-Yrie, proche Limoges, donne une grande quantité d'alumine, qui fait la base des kaolins et des pétuntzés.

4°. La décomposition des serpentines, et de toutes les smectites, donne les terres à foulon, dans lesquelles se trouve une assez grande quantité d'alumine. Mais elles contiennent en même tems une portion de magnésie; ce qui fait la différence des terres à foulon, des argiles proprement dites.

5°. Une cinquième cause peut encore fournir beaucoup d'alumine dans les terrains secondaires. C'est la décomposition des substances animales et végétales, qui contiennent des quantités plus ou moins considérables d'alumine,

DE LA COMPOSITION DES TERRES MAGNÉSIENNES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Quelques terres argileuses des terrains secondaires, contiennent des portions de terre magnésienne : ainsi, aux environs de Paris, il y a, dans les argiles, de la terre verte, qui paraît être une espèce de stéatite ou de chlorite.

Risso en a également trouvé, dans les terrains secondaires des environs de Nice.

Ces terres magnésiennes paraissent souvent avoir été apportées des terrains primitifs, dans les secondaires.

Il se peut néanmoins que la décomposition des substances animales et végétales en ait fourni; car plusieurs contiennent des quantités plus ou moins considérables de magnésie.

Enfin, une portion de cette magnésie peut être de formation nouvelle, comme dans les nitrières.

DE LA FORMATION DES COUCHES GRÈZEUSES, DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

On observe, dans les terrains secondaires, un grand nombre de couches grèzeuses. Ces grès sont anguleux, et de différentes couleurs. Leur nature paraît quartzeuse.

Les environs de Paris présentent un grand nombre de ces couches grèzeuses. On en trouve sur les hauteurs de Mesnil-Montant, des couches très-régulières, qu'on distingue par leurs différentes couleurs.

Ces grès des sommets des environs de Paris, contiennent un grand nombre de coquilles fossiles et marines, telles que cerites, pétoncles, calyptrées, solens, turritelles, corbules...

On trouve également des couches grèzeuses, dans plusieurs autres contrées, qui sont analogues aux grès des environs de Paris.

Ces couches grèzeuses sont régulières. Elles s'étendent à d'assez grandes distances, observant le même parallélisme...

Elles alternent avec d'autres couches, sans se mélanger.

On en doit conclure qu'elles ont dû être formées, comme toutes les autres couches calcaires, gypseuses, schisteuses..., en obéissant aux lois des affinités, en étant seulement tenues en suspension.

Les coquilles marines, qu'on y trouve, indiquent que ces grès ont été déposés dans le sein des mers. Ces grès ont donc été formés dans les eaux des mers, comme les autres substances, craies, schistess.... Mais ils ont cristallisé en *masses grenues* ;

et non point en grandes masses. On fait cristalliser ainsi le nitre en masses grenues, en agitant beaucoup la dissolution. (1).

Les grès, ou sables des terrains d'alluvion, ne contiennent pas de coquilles marines. Ils n'ont donc été que détachés des montagnes primitives, et charriés par les eaux.

DE LA COMPOSITION DES HOUILLES, OU SUBSTANCES BITUMINEUSES.

Des amas prodigieux de bois fossiles et de tourbes, des couches immenses de houilles et de substances bitumineuses, sont accumulés dans les terrains secondaires : ils présentent des phénomènes qui peuvent jeter un grand jour sur la structure de cette partie du globe terrestre, et qui méritent toute l'attention des géologues (2).

Les couches bitumineuses sont superposées les unes au-dessus des autres, en un nombre assez considérable. On en connaît déjà plus de soixante dans les houillères de Saint-Gilles, près de Liège ; et vraisemblablement, ce ne sont pas les dernières.

Des couches de diverses substances minérales séparent les couches bitumineuses. Les unes et les autres font des *strates* constamment parallèles entre elles. Celles qui enveloppent immédiatement les couches bitumineuses, sont le plus souvent composées d'un schiste argileux ou d'un grès schisteux. Elles

(1) Voir mon Mémoire sur les cristallisations du grès, *Journal de Physique*, tom. 79.

(2) Voir mon Mémoire sur la formation des houilles et des substances bitumineuses, *Journal de Physique*, tom. 78, p. 241, année 1814.

contiennent encore quelquefois des parties magnésiennes, des parties calcaires... des oxides de fer....

En général, ces diverses couches, principalement les schisteuses, les argileuses, les grèzeuses... sont remplies d'impressions de différentes plantes; on y trouve quelquefois des impressions de poissons, qui sont ordinairement exotiques, et même quelquefois des coquilles.

Les strates ou couches de houilles sont le plus souvent très-étendus, et occupent des contrées entières. Celles de Liège s'étendent par Huy, Namur, Tournay... Celles de Saint-Etienne s'étendent, d'un côté, à Rive-de-Giez... et, de l'autre, elles paraissent se propager, par Saint-Symphorien de Lay, la Chapelle, proche la Clayette... jusqu'au Creuzot....

Quelques-unes de ces couches sont très-épaisses. Il en est dont l'épaisseur a jusqu'à trente, quarante pieds, et même davantage, comme au Creuzot.

Quelques-unes des couches intermédiaires ont jusqu'à quatre cents pieds d'épaisseur, comme la cinquante-septième couche intermédiaire de la montagne Saint-Gilles, proche Liège.

Mais d'autres couches bitumineuses n'ont que de très-petites épaisseurs, seulement de quelques pouces comme la couche cinquième de la montagne Saint-Gilles. Elle est de sept à huit pouces, divisée en trois couches. J'ai des morceaux où la couche bitumineuse n'a que quelques lignes d'épaisseur.

Quelques houillères sont dans des bassins formés entre des montagnes élevées, comme celles de Santa-Fé-Bogota, à 2200 toises au-dessus de la mer (citées par Leblond, *Journal de Physique*, tome.

D'autres houillères sont peu au-dessus du niveau des mers. Il en est même qui sont au dessous de ce niveau, à d'assez grandes profondeurs, comme celle de White-Haven, dans laquelle est descendu Franklin. Tome 2 de ses œuvres, tra-

» duction française, page 199. « En suivant la veine de
 » charbon, dit-il, et descendant peu à peu, je parvins jus-
 » qu'au dessous de l'Océan, ou le niveau de la surface était
 » à plus de 800 brasses (4000 pieds), au-dessus de ma tête ;
 » et les mineurs m'assurèrent que les ouvrages s'avançaient
 » jusqu'à quelques milles au-delà en descendant toujours par
 » degrés au-dessous de la mer. Les couches, qui servent de
 » toit au charbon sont d'ardoises chargées d'impressions des
 » plantes... »

La situation de ces couches bitumineuses est le plus souvent horizontale. D'autre fois elles sont plus ou moins inclinées : Enfin quelques-unes approchent de la verticale, c'est ce qu'on observe souvent dans la même mine, comme dans celles de Saint-Gilles...

Mais il est souvent arrivé que les couches inférieures ont fléchi : cette inflexion a donné une inclinaison plus ou moins considérable à toutes les couches supérieures. On reconnaît facilement cet accident par la manière dont se présentent ces couches. Sont-elles brisées brusquement, et appuyées contre des substances d'une nature différente ? On peut supposer un affaissement inférieur, ou un renversement des couches. C'est ce qu'on observe bien distinctement au Creuzot. Une partie des couches est appuyée immédiatement contre une montagne granitique, sous un angle de 50 à 70 degrés.

Cette inflexion des couches y produit des fentes, qui ont postérieurement été remplies par des substances étrangères. On appelle ces fentes ainsi remplies, *failles*, *sprungs*, *sauts*...

Nous allons donner, d'après Genetté, un exposé des intéressantes couches bitumineuses de la montagne Saint-Gilles, près Liège. On y observe tous les phénomènes dont nous venons de parler. Il y a trois failles considérables : il faut voir la planche

qu'il en a fait graver, et que j'ai insérée dans ma *Théorie de la Terre*.

DE LA FORMATION DES COUCHES DE LA MONTAGNE DE SAINT-GILLES PRÈS LIÈGE.

Nous retrouvons dans la montagne de *Saint-Gilles*, auprès de Liège, tous les phénomènes dont nous venons de parler. Elle renferme une des plus riches mines de charbon de terre, composée d'un grand nombre de strates, ou couches, qui alternent avec des couches d'autres substances : j'ai cru devoir faire graver, dans ma *Théorie de la Terre*, tome 5, la planche qu'en a donnée Genetté, avec les détails qui l'accompagnent (1).

1. Couche.

Du gazon à la première couche de charbon, 21 pieds (2).

Épaisseur de la veine ou couche du charbon, 15 pouces.

2. Couche intermédiaire, 42 pieds.

Seconde veine, 1 pied sept pouces, divisée en deux lits par une couche de houage (c'est-à-dire une terre meuble) d'un doigt d'épaisseur.

3. Couche intermédiaire, 84 pieds.

Troisième veine divisée en deux, 4 pieds 3 pouces.

4. Couche intermédiaire, 49 pieds.

Quatrième veine, 1 pied 7 pouces.

5. Couche intermédiaire, 42 pieds.

Cinquième veine, 1 pied 3 pouces. Mais elle est divisée par des matières étrangères, réduites à 7 ou 8 pouces.

Elle est divisée en 3 couches.

6. Couche intermédiaire, 56 pieds.

(1) Genetté.

(2) Le pied liégeois est de dix pouces, et la toise de sept pieds.

- Sixième veine , 7 pouces.
7. Couche intermédiaire , 56 pieds.
Septième couche , 2 pieds 3 pouces.
8. Couche intermédiaire , 21 pieds.
Huitième veine , 2 pieds 2 pouces.
Elle est divisée en trois couches
9. Couche intermédiaire , 28 pieds.
Neuvième veine , 1 pied 3 pouces.
Elle est divisée en trois couches.
10. Couche intermédiaire , 35 pieds.
Dixième veine , 1 pied.
11. Couche intermédiaire , 28 pieds.
Onzième veine , 3 pieds 3 pouces.
12. Couche intermédiaire , 92 pieds.
Douzième veine , 1 pied 2 pouces.
13. Couche intermédiaire , 21 pieds.
Treizième veine , 1 pied 7 pouces.
14. Couche intermédiaire 98 pieds.
Quatorzième veine , 4 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
15. Couche intermédiaire.
Quinzième veine , 3 pieds , 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
16. Couche intermédiaire , 36 pieds.
Seizième veine , 3 pieds.
Elle est divisée en trois couches.
17. Couche intermédiaire , 42 pieds.
Dix-septième veine , 3 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
18. Couche intermédiaire , 91 pieds.
Dix-huitième veine 1 pied 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.

19. Couche intermédiaire, 87 pieds.
Dix-neuvième veine, 5 pieds 6 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
20. Couche intermédiaire, 42 pieds.
Vingtième veine, 3 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
21. Couche intermédiaire, 98 pieds.
Vingt-unième veine, 2 pieds 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
22. Couche intermédiaire, 49 pieds.
Vingt-deuxième veine, 4 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
23. Couche intermédiaire, 28 pieds.
Vingt-troisième veine, 1 pied 7 pouces.
Elle est divisée en trois couches.
24. Couche intermédiaire, 42 pieds.
Vingt-quatrième veine, un pied 2 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
25. Couche intermédiaire, 35 pieds.
Vingt-cinquième veine, 1 pied 2 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
26. Couche intermédiaire, 84 pieds.
Vingt-sixième veine, 3 pieds 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
27. Couche intermédiaire, 45 pieds.
Vingt-septième veine, 2 pieds 3 pouces.
28. Couche intermédiaire, 42 pieds.
Vingt-huitième veine, 2 pieds 3 pouces.
29. Couche intermédiaire, 98 pieds.
Vingt-neuvième veine, 3 pieds 7 pouces.
Elle est divisée en trois couches.
30. Couche intermédiaire, 24 pieds.

- Trentième veine , 3 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
31. Couche intermédiaire , 49 pieds.
Trente-unième veine , 2 pieds 3 pouces.
Elle est divisée en trois couches.
32. Couche intermédiaire , 94 pieds.
Trente-deuxième veine , 3 pieds.
Elle est divisée en deux couches.
33. Couche intermédiaire , 70 pieds.
Trente-troisième veine , 4 pieds 7 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
34. Couche intermédiaire , 42 pieds.
Trente-quatrième veine , 1 pied 3 pouces.
Elle est divisée en trois couches.
35. Couche intermédiaire , 70 pieds.
Trente-cinquième veine , 3 pieds 7 pouces.
36. Couche intermédiaire , 91 pieds.
Trente-sixième veine , 3 pieds.
37. Couche intermédiaire , 35 pieds.
Trente-septième veine , 2 pieds 7 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
38. Couche intermédiaire , 28 pieds.
Trente-huitième veine , 1 pied.
Elle est divisée en deux couches.
39. Couche intermédiaire , 14 pieds.
Trente-neuvième veine , 1 pied 5 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
40. Couche intermédiaire , 42 pieds.
Quarantième veine , 7 pouces.
41. Couche intermédiaire , 56 pieds.
Quarante-unième veine , 2 pieds 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.

42. Couche intermédiaire, 42 pieds.
 Quarante-deuxième veine, 4 pieds 3 pouces.
 Elle est divisée en deux couches.
43. Couche intermédiaire, 67 pieds.
 Quarante troisième veine, 1 pied 7 pouces.
44. Couche intermédiaire, 67 pieds.
 Quarante-quatrième veine, 3 pieds.
45. Couche intermédiaire, 42 pieds.
 Quarante-cinquième veine, 2 pieds.
 Elle est divisée en deux couches.
46. Couche intermédiaire, 21 pieds.
 Quarante-sixième veine, 4 pieds.
 Elle est divisée en deux couches.
47. Couche intermédiaire, 105 pieds.
 Quarante-septième veine, 2 pieds.
 Elle est divisée en deux couches.
48. Couche intermédiaire, 70 pieds.
 Quarante-huitième veine, 7 pouces.
49. Couche intermédiaire, 7 pieds.
 Quarante-neuvième veine, 1 pied 3 pouces.
50. Couche intermédiaire, 70 pieds.
 Cinquantième veine, 4 pouces et demi.
51. Couche intermédiaire, 7 pieds.
 Cinquante-unième veine, 1 pied 3 pouces.
52. Couche intermédiaire, 35 pieds.
 Cinquante-deuxième veine, 3 pieds.
 Elle est divisée en deux couches.
53. Couche intermédiaire, 84 pieds.
 Cinquante-troisième veine, 3 pieds.
 Elle est divisée en deux couches.
54. Couche intermédiaire, 70 pieds.
 Cinquante-quatrième veine, 3 pieds 3 pouces.

55. Couche intermédiaire , 56 pieds.
Cinquante-cinquième veine, 3 pieds 3 pouces.
56. Couche intermédiaire , 84 pieds.
Cinquante-sixième veine, 1 pied 7 pouces.
57. Couche intermédiaire , 420 pieds.
Cinquante-septième veine, 2 pieds 7 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
58. Couche intermédiaire , 105 pieds.
Cinquante huitième veine, 1 pied.
59. Couche intermédiaire , 126 pieds.
Cinquante-neuvième veine, 3 pied 3 pouces.
Elle est divisée en deux couches.
60. Couche intermédiaire , 154 pieds.
Soixantième veine, 1 pied 2 pouces.
61. Couche intermédiaire , 126 pieds.
Soixante-unième veine, 3 pieds 8 pouces.
Elle est divisée en deux couches.

Toutes ces couches intermédiaires ou strates, qui existent entre les veines de charbon, sont des pierres calcaires ou argileuses....

On retrouve souvent les mêmes pierres dans l'épaisseur de la veine.

Quelquefois cette veine est séparée en deux ou trois couches par les *honages*, ou argile noirâtre, *geantrax*, ou espèce d'ampélite.

Il est très-vraisemblable, ajoute Génetté, qu'on n'est pas encore parvenu à la dernière veine de charbon, et qu'en creusant encore davantage, on en trouverait d'autres.

Trois *failles* coupent ces couches.

La composition de cette riche mine de houille confirme tout ce que nous venons de dire sur la formation des bitumes.

DES TERRAINS OU SONT SITUÉES LES HOUILLIÈRES.

Les houillères se trouvent le plus souvent dans des schistes situés sur le flanc des terrains primitifs. Elles s'étendent quelquefois le long de ces chaînes. Les houillères de Saint-Etienne, par exemple, s'étendent le long de la chaîne granitique, qui, des Cévennes, se prolonge par Tarare, Beaujeu, la Clayette, Autun, Saulieu, jusqu'à Avalon... On trouve des couches de charbon à Saint-Symphorien-de-Lay, à la Chapelle, proche la Clayette, au Creuzot, proche Autun, à la Machine, proche d'Ecize... (1).

Les mêmes phénomènes s'observent dans plusieurs contrées.

Cependant quelques mines de houilles très-riches sont dans des terrains secondaires assez éloignés des chaînes des terrains primitifs... Telles sont les mines de charbon de Valenciennes, de Mons...

Mais elles sont ordinairement situées dans des couches schisteuses argileuses, dans des grès schisteux... Ces couches schisteuses ont été postérieurement recouvertes de couches calcaires, comme l'observe d'Aubuisson, en parlant des houillères d'Anzin (*Journal des Mines*, tome 18, pages 119 et 127).

Les mêmes phénomènes que présentent les houillères de Anzin ont lieu dans plusieurs autres houillères.

On doit donc supposer que ces houillères, qui se trouvent aujourd'hui dans des terrains secondaires, éloignés des primitifs, ont été déposées primitivement dans des couches schisteuses, proche des terrains primitifs : elles ont été ensuite recouvertes par des terrains calcaires...

(1) *Théorie de la Terre.*

Mais pour jeter plus de jour sur la formation des substances minérales bitumineuses, nous allons examiner les divers combustibles fossiles, qui sont connus, et qui ont pu concourir à leurs formations.

DES BOIS FOSSILES.

On rencontre, en un grand nombre d'endroits, des bois fossiles plus ou moins bien conservés. Leur couleur est le plus souvent noire. Ils sont enfouis à différentes profondeurs.

Quelques-uns sont assez bien conservés et assez intacts pour être employés à des ouvrages de charpente et de menuiserie.

Quelques autres passent à l'état de jayet.

Un des endroits les plus renommés pour ces bois fossiles est la Prusse ducale. On rencontre, en creusant jusqu'à cent pieds, sur les bords de la mer, des amas de gros arbres qui sont recouverts d'attérissements. On ne connaît pas la profondeur de ces dépôts. C'est dans ces dépôts que se trouve le succin.

On y a établi, dit Crell, *Journal de Physique*, tom. 39, p. 365, suivant toutes les règles de l'art, des puits, des galeries dont on retire le succin en assez grande quantité. Je suis descendu dans un de ces puits qui se trouvent à la distance de deux cents pieds de la mer. Sa profondeur était de quatre-vingt-dix-huit pieds et demi. Nous découvrîmes que l'ambre jaune était enclavé entre deux salbandes de charbon ligneux...

J'ai dans ma collection des bois fossiles du mont Meismer, et autres endroits, qui passent également à l'état de charbon, ou de jayet.

A Castel-Nuovo, dans l'état de Parme, il y a une grande quantité de bois fossiles, auprès du lieu où on a découvert une source abondante de pétrole. Ce bois est à l'état bitumineux, dit Mojon : on en a retiré des troncs de différentes grosseurs,

jusqu'à six décimètres, dix-huit pouces. Quelques-uns sont *comprimés*, et présentent, dans leur section transversale, une *forme elliptique*. Elle est l'effet de la compression qu'ils ont éprouvée. Il brûle comme le charbon de bois. Ses cendres contiennent de l'alkali. Il y a quelquefois du fer sulfuré, ou pyrite, mélangé avec ces bois.

Dans toute la Lombardie on trouve des bois fossiles. Il y en a des quantités considérables sur les bords de l'Arno. Plusieurs paraissent être des chênes qui sont assez bien conservés pour être employés dans les arts.

La montagne de Steinberg, dans la Hesse, contient une grande quantité de bois fossiles recouverts de sablons, ainsi que le Robelberg et le Veisner, autres montagnes de ces cantons.

Le Belberg, montagne auprès de Zurich, est rempli de bois fossiles.

On trouve aussi beaucoup de bois fossiles en différens endroits de l'Angleterre...

Il est peu de contrées où il n'y en ait des quantités plus ou moins considérables.

Tous ces bois fossiles sont ordinairement noirs, quelquefois bruns.

L'origine de ces bois fossiles paraît due à plusieurs causes, dont les principales sont,

I. Les rivières, surtout les grands fleuves, déracinent les arbres qui sont sur leurs rivages, principalement lors que leurs eaux sont enflées. Ils les charrient à des distances plus ou moins considérables. Quelquefois ils les déposent sur leurs propres rivages, ou dans les îles qu'ils forment par leurs attérissemens. C'est pourquoi on a observé des bois fossiles dans la plupart des vallées où coulent les grands fleuves. Le bassin de la Seine en contient de grandes quantités... Les grands fleuves de l'Amérique,

tels que l'Orénoque, l'Amazone... en charrient des quantités prodigieuses aux époques de leurs débordemens.

Mais le plus souvent ces bois sont transportés jusques dans les lacs et dans les mers où aboutissent ces fleuves. Tous les grands fleuves qui traversent les contrées peu cultivées par la main de l'homme, et couvertes de bois, charrient des quantités immenses d'arbres qu'ils ont déracinés dans le tems de leurs crues, tels sont les grands fleuves de l'Amérique, l'Amazone, l'Orénoque, la Plata, le Mississipi, le Saint-Laurent...

Mais c'est particulièrement dans les mers du nord, que l'on voit aujourd'hui ces bois flotter sur leurs eaux. Les voyageurs, étonnés de la quantité immense de ces bois, ne cessent pas d'en parler.

Eddege, qui a demeuré long-tems au Groenland, a vu des amas énormes de ces bois.

Ellis en parle également. « Nos vaisseaux, dit-il, eurent ;
 » sur les côtes de la baie d'Hudson, à traverser une quantité
 » prodigieuse de bois flottans. C'étaient de grosses pièces qu'on
 » aurait prises pour des bois de charpente, et qui se présen-
 » taient de toutes parts ».

Grantz fait également mention de ce bois dont les mers du nord sont couvertes, et qui sont ensuite jetés sur les côtes. « On voit, dit-il, au Groenland, des grands arbres déracinés,
 » qui, roulant des années entières sur les flots et les glaces, ont
 » perdu leurs branches et leurs écorces, et se trouvent rongés
 » par le tems et les vers. Ce sont ordinairement des saules, des
 » aulnes, du bouleau, qui viennent des mers du sud, ou des
 » trembles que la mer charrie de plus loin. Mais la plus grande
 » partie consiste en pins et sapins ».

On retrouve ces bois flottans sur les côtes du Spitzberg, et jusqu'à celles du Kamschatka.

Phipps a également aperçu une grande quantité de bois flottant sur les mers du nord.

Ces arbres ont été déracinés par les torrens, par les grands fleuves, et même par les marées. Les avalanches en auront encore souvent entraîné. Car, dans ces montagnes du nord, les avalanches doivent, comme dans les Alpes, renverser des forêts entières. Ces arbres, arrivés à la mer, obéissent aux différens courans, et sont jetés, tantôt sur une côte, tantôt sur une autre. Ce sont les vents du nord et ceux du nord-ouest, dominans sur ces mers, qui les charrient de cette manière.

Les lieux, d'où viennent ces bois, ont été l'origine de grandes contestations parmi les voyageurs.

Les uns ont prétendu qu'ils venaient du Canada. On leur a répondu que, dans le Canada, il y avait beaucoup de chênes, et qu'on n'en trouvait aucun parmi ces bois flottés.

D'autres le font arriver d'Islande, d'Ecosse, du Groenland, du Spitzberg, de Sibérie....

Mais pourquoi n'en viendrait-il pas de tous ces lieux en même tems. Les mêmes causes doivent agir dans tous ces pays.

Les grands sapins, les pins, les mélèzes, peuvent être apportés par les grands fleuves de Sibérie, où ces arbres sont très-communs.

Les fleuves du Spitzberg, de la Nouvelle-Zemble, du Groenland, du nord de l'Amérique, doivent également charrier des bouleaux, des saules.... qui y sont très-abondans.

Ces bois sont plus communs dans les mers du nord, parce que les contrées d'où ils viennent sont couvertes de forêts, et peu cultivées par la main de l'homme.

Tous ces bois, ainsi amoncelés, sont ensuite recouverts par

les sables, les galets et les attérissemens que charrient les fleuves et les mers, comme dans la Prusse ducale.

II. Les bois fossiles ont encore pu avoir une autre origine. Il arrive quelquefois que des terrains entiers s'affaissent: s'ils sont couverts de forêts, elles s'affaisseront également, et seront ensuite recouvertes par les terrains superposés. Telle paraît être l'origine des arbres fossiles qu'on trouve dans l'île de Man, en Angleterre.

« Dans l'île de Man, dit *Ray*, on trouve, dans un marais, » qui a six milles de long et trois milles de large, appelé *Carragh*, » des arbres souterrains qui sont des sapins, et quoiqu'ils soient » à dix-huit ou vingt pieds de profondeur, ils sont cependant » fermes sur leurs racines ».....

III. Enfin, des inondations auront pu enfouir plusieurs arbres. La mer soulevée, par une cause quelconque, (comme on l'a vu en Hollande) se porte avec violence sur des terrains couverts de forêts. Aidée de l'action des vents, elle les brise et les renverse.

« On a trouvé une grande quantité d'arbres souterrains à » Youle, province d'Yorck. Il y en a qui sont si gros qu'on » s'en sert pour bâtir.... Tous ces arbres paraissent rompus, et » les troncs sont séparés des racines, comme des arbres que la » violence d'un ouragan ou d'une inondation aurait cassés et » emportés. Ce bois ressemble beaucoup au sapin ». (*Transactions philosophiques*, n. 228).

Le courant de la mer, qui aura brisé ces arbres, les portera sur les côtes opposées, comme nous avons vu que le font les fleuves. Il les y déposera, et les couvrira ensuite d'attérissemens.

La plupart de ces bois fossiles conservent leur caractère de bois. Ils sont souvent assez peu altérés pour être employés dans les arts.

On trouve, parmi ces bois, des racines, des tiges, des feuilles, des fruits.... assez bien conservés.

Ces arbres sont souvent exotiques.

Autenrieth a observé, sur les bords du Necker, une forêt entière fossile, de gros troncs de palmiers couchés, dont quelques-uns avaient jusqu'à deux pieds de diamètre.

B. de Sussieu a trouvé, dans les charbons de Saint-Chaumont, des plantes fossiles qui croissent aujourd'hui dans les Indes.

Il faut supposer, comme je l'ai dit dans ce journal, tom. 76, qu'à l'époque où ces fossiles ont été déposés, ces contrées jouissaient d'une température chaude.

D'autres fois, ces arbres fossiles sont analogues à ceux des contrées où on les trouve.

Correa a observé des quantités considérables de bois fossiles, à Sutton, sur les côtes d'Angleterre. Il y a reconnu des bouleaux, des *salix æquifolia*.... végétaux de ces contrées.

La Fruglaie a observé, sur les côtes de Bretagne, du côté de Morlaix, une forêt fossile qui s'étendait l'espace de sept lieues. Les arbres y étaient renversés en tous sens. Il y a reconnu des ifs, des chênes, des bouleaux, des mousses, des racines de fougères, des joncs, des asperges.... enfin, la moitié d'un *cocco*.... (*Journal des Mines*).

La nature de ces végétaux prouve qu'ils étaient analogues à ceux qui vivent aujourd'hui dans ces contrées. Ces forêts ont donc été renversées par de violens courans des eaux des mers.

Le coco, qui était mélangé avec les végétaux de nos contrées, prouve que le courant qui a renversé ces forêts, venait des contrées équinoxiales.

Quelquefois ces arbres fossiles, tels que ceux qu'on trouve à

Castel-Nuovo, dans le pays de Gênes, ont été comprimés et aplatis, au point de présenter, dans leur section transversale, une forme elliptique, suivant l'observation de Mojon.

On trouve souvent, au milieu de ces amas de bois fossiles, des pyrites qui paraissent s'y être formées, comme dans les schistes, les argiles....

DES TOURBES.

J'ai distingué deux espèces de tourbes (1), l'une que nous avons appelée *marécageuse*, et qui se forme dans les eaux par la décomposition des plantes aquatiques principalement, et l'autre que nous avons appelée *tourbe sèche*, parce qu'elle paraît se former dans des terrains secs par la décomposition des bois fossiles, qui sont réduits à l'état terreux.

Les tourbes *sèches*, ne paraissent être que le produit des bois fossiles assez décomposés pour être réduits à l'état terreux, telles sont les tourbes de Brulh, auprès d'Andernach. Elles occupent un espace de plusieurs lieues en longueur et en largeur. On les a exploités jusqu'à la profondeur de plusieurs pieds.

Elles paraissent produites par des plantes exotiques; car on y a découvert des restes de palmiers, des fruits de l'Aréca....

Leur couleur n'est pas noire, mais brunâtre.

On doit trouver de pareilles tourbes dans plusieurs autres endroits; Klaproth en a décrit une mine qui se trouve dans le comté de Mansfeld, où elle est appelée terre ligneuse bitumineuse. Il lui donne le nom de *braunkohle* (2). « Par son aspect » et ses propriétés, dit-il, on voit clairement que cette tourbe

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 1.

(2) Traduction française de ses œuvres, tom. 2, pag. 452.

» a dû former la partie fibreuse d'une immense masse de bois
 » entraînée par les eaux, qui, ensuite, a été altérée par la pour-
 » riture, mais qui n'est pas encore entièrement décomposée. »

Il a retiré, de 200 grains de cette substance,

Gaz hydrogène carboné. 118 pouces.

Gaz acide carbonique. 17

Eau acidule (qu'il croit un produit de
 la distillation, un acide pyro-leg-
 nique). 24 grains.

Huile brune figée. 60

Résidu charbonneux. 77. 5

Ce résidu, examiné avec soin, lui a donné :

Chaux sulfatée. 5

Chaux carbonatée. 4

Chaux pure un atome.

Résidu sablonneux. 23

Alumine. 1

Fer oxidé. 2

Charbon. 40

Les tourbes *marécageuses* sont beaucoup plus abondantes en-
 core que celles-ci. Elles se trouvent ordinairement dans les ter-
 rains marécageux. Génété dit qu'il y en a beaucoup dans les
 vallées du Blogsberg, une haute montagne de la Basse-Saxe, et
 dans celles du Brohen, la plus haute montagne du Hartz (1) :
 elle paraît ensuite s'étendre sur les collines voisines, parce
 qu'elle y est entraînée par les eaux.

Cette tourbe est également très-abondante dans les lieux bas

(1) Génété, Mémoire sur les houilles.

Deluc, *Journal de Physique*, tom. 38, pag. 186, parle de pareilles
 tourbes.

et marécageux, comme sur les bords des lacs de Morat, de Bienne... en Suisse, en Frise, à Breme, à Groningue, en Picardie... Elle est souvent soulevée par les eaux, et forme des îles flottantes. Quelquefois ces îles sont entraînées jusques dans la mer...

Lorsque les tourbières ont acquis une certaine consistance, on en cultive la surface : on y construit même des habitations ; mais dans la crainte que la tourbière ne soit soulevée par les eaux dans le tems des crues, et ne forme une île flottante qui pourrait être portée plus ou moins loin par le vent, on est obligé de la fixer à la partie du continent qui est ferme : ce qu'on fait avec des cables attachés à des pieux enfoncés, d'un côté dans la tourbière, et de l'autre dans le continent.

Les plantes aquatiques, qui contribuent le plus à la formation de cette tourbe, sont la prasle, *equisetum*, le *scirpus*, la masse d'eau, *typha*, les conforves... Ces plantes végètent avec beaucoup de force, et augmentent chaque année la masse de la tourbe d'une quantité considérable, comme on le voit dans les tourbières que l'art fait en Hollande.

Il se forme des pyrites dans les tourbières, comme dans les bois fossiles. Ces pyrites, en se décomposant par les causes connues, peuvent s'enflammer, comme on le voit dans celles du Soissonnais.

Les tourbes ordinaires, en brûlant, ne donnent point l'odeur bitumineuse.

Proust a donné l'analyse d'une tourbe marécageuse de d'Ax (1). Cent parties lui ont donné :

- 1°. De l'eau ;
- 2°. Du vinaigre, mêlé d'ammoniac ;
- 3°. Une huile figée ;

(1) *Journal de Physique*, tom. 63, pag. 337.

- 4°. De la silice ;
- 5°. De la magnésie ;
- 6°. De la chaux sulfatée.

Il a fait bouillir de l'acide nitrique sur cette tourbe, et il en a retiré ,

- 1°. De l'acide oxalique ;
- 2°. Du jaune amer.

Il n'y a point d'alkali, comme dans les bois fossiles.

DE L'AMPELITE.

L'ampelite est une espèce de tourbe sèche, qui approche déjà du charbon, ou *xilanthrax* ; car elle brûle avec l'odeur bitumineuse.

Celle du Soissonnais contient une grande quantité de soufre et de fer (*Leçons de Minéralogie*, tome 2, page 576).

DU JAYET.

Les bois fossiles passent quelquefois à l'état de jayet. Nous avons rapporté l'observation de Crell, qui dit avoir vu le succin (qu'on ramasse dans les bois fossiles de la Prusse ducale) être enclavé entre deux salbandes de charbon ligneux (1) ; c'est que le bois fossile a déjà été en partie assez altéré, pour ne plus avoir l'apparence de bois ligneux ou fibreux. Il ressemble plutôt à une espèce de résine. Néanmoins il brûle toujours comme le bois ; mais l'odeur qui s'en exhale est bitumineuse.

On ne saurait douter que le jayet n'ait été du bois, puisqu'on voit encore le tissu ligneux dans plusieurs morceaux de jayet.

(1) *Journal de Physique*, tom. 39, pag. 365.

Ce bois a éprouvé une compression plus ou moins considérable.

Le jayet se trouve presque dans toutes les contrées. Il est en assez grande quantité dans le département de l'Aude, du côté de Tarn, en France. Il n'y est pas en couches continues comme les charbons, on l'y trouve en morceaux isolés.

L'Espagne en fournit également... et il est peu de contrées où on n'en trouve.

Mojon a donné la description des bois fossiles passant à l'état du jayet, trouvés à Castel-Nuovo et à Amiano, sur les confins du territoire de Gênes. On en a retiré des troncs d'arbres de différentes grosseurs ou épaisseurs jusqu'à six décimètres (ou dix-neuf pouces). Il y en a quelques-uns qui ont éprouvé une compression si grande, qu'ils présentent, dans leur section transversale, une *forme elliptique*. On croit reconnaître que quelques-uns de ces arbres ont été des sapins.

Ces arbres sont d'un noir plus ou moins éclatant. Ils reçoivent un beau polis, brûlent avec une flamme vive et brillante, et une *odeur bitumineuse*. La chaleur qui s'en dégage est plus considérable que celle que donne le charbon végétal.

On trouve des pyrites mélangés avec ces bois fossiles.

Les bois fossiles qu'on trouve au milieu des argiles de Vaugirard donnent également, en brûlant, une odeur bitumineuse.

L'analyse du jayet a donné à Proust (1) :

De l'huile ;

De l'ammoniac ;

Du gaz acide carbonique ;

De l'oxide gazeux à flamme bleue.

Charbon 0,40 trois fois plus volumineux que le jayet. La li-

(1) *Journal de Physique*, tom. 63, pag. 335.

queur qui reste après sa séparation est d'un jaune foncé très-amère : elle donne de l'acide oxalique cristallisé et de l'acide benzoïque.

Quelle est la cause qui, dans les bois fossiles convertis en jayet, en a fait disparaître le tissu ligneux, et leur donne une cassure résineuse ?

Quelle est la cause qui donne au jayet qu'on brûle une odeur *bitumineuse* ?

Hall, en chauffant des substances animales ou végétales, comme la sciure de bois, et les comprimant pour empêcher la dissipation du gaz, a obtenu des substances analogues au jayet. Ne pourrait-on pas conclure de ces expériences et de ces faits, que,

1°. Il y a réaction des acides végétaux sur les huiles de ces bois, ce qui fait passer ces huiles à un état approchant de celui des bitumes ; car on sait que ces huiles mêlées avec les acides concentrés, tels que le sulfurique, s'épaississent, et prennent un aspect résineux.

2°. Ces arbres fossiles passant à l'état de jayet, ont éprouvé une grande compression, comme le prouve leur aplatissement.

3°. Les gaz demeurent donc comprimés dans ces bois, et concourent, comme dans l'expérience de Hall, à faire passer ces bois à un état presque bitumineux.

4°. L'acide sulfurique, si abondant avec ces substances, soit qu'il se dégage des pyrites, soit qu'il provienne de toute autre cause, peut aussi contribuer aux mêmes effets.

DU LITHANTRAX, CHARBON MINÉRAL, OU DES HOUILLES, ET DES SUBSTANCES BITUMINEUSES.

Le lithantrax, charbon de pierre, charbon minéral, ou houilles, ou substances bitumineuses, se présentent sous un as-

pect tout différent que les tourbes, les bois fossiles et le jayet. On n'y distingue aucun tissu végétal : cependant on y aperçoit quelquefois des végétaux, des portions d'arbres...

Leur cassure est résineuse.

Sa pesanteur est 1350.

Ces substances brûlent avec vivacité, et donnent une grande chaleur, plus considérable que celle qui se dégage du charbon de bois.

Cette combustion est, ainsi que celle du jayet, accompagnée d'odeur bitumineuse.

Ces substances analysées donnent des principes analogues à ceux des substances des êtres organisés.

Proust a analysé différens charbons de terre (1). Cent parties lui ont donné :

Carbone.	64 à 77
Huile.	8 à 12
Ammoniac, fer et terres.	5 à 13
Gaz hydrogène carboné.	} 8 à 19
Gaz acide carbonique.	
Acide sulfureux.	
Eau.	

Les cendres contiennent :

Silice, une assez grande quantité.

Alumine.

Chaux sulfatée.

Magnésie.

Mais il n'a obtenu,

Ni chaux carbonatée,

(1) *Journal de Physique*, tom. 63, pag. 320.

Ni muriate ,
 Ni phosphate ,
 Ni sels neutres ,
 Ni potasse.

On voit que le-lithantrax ne contient plus ,

a. D'acide végétal , comme la tourbe , le jayet....

b. De potasse , comme le bois.

c. L'huile qu'on en retire est liquide , et non point figée
 comme dans la tourbe.

d. Enfin , on obtient de l'acide sulfureux.

Ces analyses de Proust sont à peu près analogues à celles que
 les autres chimistes ont faites des mêmes substances.

Car Hatchette rapporte (*Journal de Physique* , tom. 64 ,
 pag. 407) des expériences qui lui ont donné des produits ana-
 logues.

1°. Il mit dans un creuset de métal 105 grains de charbon de
 bois de chêne , et le fit brûler. Les cendres donnèrent de l'alkali
 (de la potasse) avec quelques traces de sulfate de potasse.

2°. Il prit du charbon de chêne qu'il avait formé par le pro-
 cédé humide ; c'est-à-dire qu'il versa sur de la sciure de bois de
 chêne de l'acide sulfurique affaibli , et il tint le tout sur un
 bain de sable , depuis le commencement de juin jusqu'à la fin
 de septembre ; il lava ce charbon , et le fit brûler comme celui
 de la première expérience : il brûla avec flamme comme le
 charbon de Kilkenny , et d'autres qui ne contiennent point de
 bitumes.

Ce charbon se consûma lentement , comme le charbon de
 terre ci dessus , laissant quelques cendres d'un rouge pâle , qui
 pesaient deux grains. Ces cendres n'offrirent pas le moindre ves-
 tige d'alkali.

DE L'ANTHRACITE.

L'anthracite paraît avoir les mêmes caractères extérieurs que le lithantrax, ou charbon de pierre ; mais il en diffère par plusieurs qualités essentielles (1)

a. Il brûle difficilement.

b. A l'analyse, il ne donne point d'huile, mais seulement de l'air inflammable.

c. Brûlé, il ne répand point l'odeur bitumeuse.

d. Il se trouve dans les terrains primitifs.

.

L'anthracite paraît être ordinairement du carbone pur. Il diffère entièrement du lithantrax.

DE L'ASPHALTE.

L'asphalte, pissasphalte, poix minérale, bitume de Judée... sont des bitumes plus ou moins mous.

Il coule quelquefois, comme au *puits de Pege*, ou Poix, en Auvergne, entre Clermont et Montferrand.

Exposé à l'air, il absorbe de l'air pur, et acquère une consistance plus ou moins solide.

Son tissu est uniforme, et a l'aspect résineux.

Sa cassure est lisse.

Sa pesanteur est 11,044.

Il brûle avec une flamme vive, et donne une grande chaleur.

En brûlant, il répand une odeur bitumineuse.

L'asphalte se trouve en beaucoup d'endroits.

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 1.

- a. Sur les bords de la mer Morte.
 b. A Dennemore, en Uplande.
 c. A Orlona, en Albanie.
 d. Au *Puits de Pcge*, proche Clermont, en Auvergne.
 e. Dans le Valtravers, au-dessus de Neufchâtel, en Suisse.

Cet asphalte se volatilise continuellement du sein de la terre. En Auvergne on le voit sortir journellement des terrains volcaniques et des fentes des rochers, comme au pont du château...

Klaproth a retiré de 100 grains d'asphalte d'Orlona, en Albanie (*traduction française de ses œuvres*, tome 2, page 451),

Gaz hydrogène carboné.	36	pouces.
Huile bitumineuse.	32	grains.
Eau légèrement ammoniacale.	6	
Carbone	30	
Silice	7	50
Chaux	0	75
Fer oxidé	1	25
Manganèse oxidé.	0	50

DES HUILES MINÉRALES.

Les huiles minérales ont beaucoup de ressemblance avec les huiles végétales ou animales : mais leur légèreté est plus considérable. Elles brûlent avec vivacité : leur odeur est fortement bitumineuse.

Ces huiles se trouvent dans un grand nombre d'endroits.

La presque île d'Apcheron, sur le rivage nord-ouest de la mer Caspienne, dans un lieu nommé *bakou*, en fournit près de 100,000 livres par an.

On en trouve aussi dans la presque île de Bael, dans les mêmes contrées.

Ces huiles s'y répandent dans les eaux de ces mers.

Il y a dans la baie de Naples, proche le rivage, une source d'huile minérale qui sort du sein des eaux, à peu de distance des bases du Vésuve, dit Breislac dans son voyage en Campanie.

A Gabian, en Languedoc, on trouve des fontaines sur l'eau desquelles nage de l'huile minérale.

Des sources d'huiles minérales sont très-abondantes dans le Modénois.

On trouve des asphaltes sur les côtes de Sicile, à de petites distances des bases de l'Étna, dit Denon, dans son voyage en Sicile, page 5. « Une des particularités du golfe de Messine, dit-il, c'est qu'à la rive la plus proche, les cailloux s'enduisent d'un bitume, qui les attache de la même manière que le sucre lie les amandes au caramel, à qui cette substance ressemble assez; d'abord molle, elle se durcit à l'air. J'ai trouvé la même pétrification sur d'autres côtes de Sicile. »

On observe sur les côtes d'Amapalla, au Mexique, à quelques distances du volcan de ce nom, les mêmes phénomènes. « A peu distances du village, dit Dampierre page 145, dans la même baie, et tout au plus à cinq pas des bornes de la haute mer, on voit sortir d'un petit trou une matière bitumineuse et bouillante, que les Espagnols appellent *alcatrane*. Elle est de la liquidité du goudron. A force de bouillir, elle prend la consistance de la poix. Aussi sert-elle aux mêmes usages, et les Indiens la recueillent soigneusement dans des cruches. Elle est plus bouillante dans la plus grande hauteur de l'eau, et c'est alors que les Indiens s'empressent de l'amasser. »

A *Amiano*, village de l'état de Parme, aux confins de la Ligurie, il se manifesta, en 1802, une source très-abondante de pétrole. Mojon en a donné une description en juillet 1802. (*Annales de Chimie*, an 2).

« Castel-Nuovo, dit-il, est un pays de la Lunigiana aux confins de la Ligurie. C'est dans les plaines de ce pays, à une demi-lieue de l'embouchure de la *Magra*, que le réservoir de la substance en question a été découvert. Il est situé dans un terrain formé de couches argileuses et calcaires, plus ou moins épaisses, et incliné en divers sens dans toute leur étendue. La matière du fossile, ainsi que la constitution du sol, montrent à l'évidence que ces couches n'ont été formées que par de grandes alluvions, qui ont entraîné et enseveli des *forêts entières*. On ne peut cependant déterminer l'étendue de ce dépôt, parce que les puits projetés à différentes distances, à cet effet, n'ont pas encore été exécutés. On n'en a fait jusqu'à présent qu'un seul de douze mètres environ de profondeur, et dont le fond se trouve inondé par une source d'eau qui jaillit d'une excavation qu'on a tentée latéralement. »

« Ce bois bitumineux conserve encore sa forme primitive ; on en a retiré des troncs qui ont jusqu'à six décimètres, parmi lesquels il y en a quelques-uns de *comprimés* qui présentent dans leur section transversale des formes elliptiques. »

» Brulé, ses cendres contiennent de l'alkali.

» C'est auprès de cet endroit, à Amiano, que se trouve une source très-riche et permanente de pétrole ou naphte. Cette source est très-abondante, et malgré qu'on y ait puisé continuellement depuis sa découverte, elle se tient toujours au même niveau.

Le pétrole a toutes les qualités de ces espèces d'huiles ; il sert à l'illumination de la ville de Gênes...

La volatilisation de ces asphaltes, et de ces huiles minérales, suppose nécessairement deux choses.

a. Il doit y avoir sous ces terrains des amas considérables de matières animales ou végétales, qui puissent fournir ces substances huileuses asphaltiques.

On trouve beaucoup de bois fossiles à Amiano, où sont situées ces abondantes sources d'huiles minérales.

b. Des degrés de chaleur assez considérables doivent subsister dans ces cantons pour pouvoir volatiliser ces substances.

Cette chaleur paraît devoir provenir des pyrites en décomposition, qui se trouvent toujours au milieu de ces bois fossiles... Ces pyrites se décomposent, et souvent s'enflamment, par les causes dont nous avons parlé...

Dans ces inflammations, il y a une quantité considérable d'acide sulfurique produit. Cet acide réagit sur ces matières combustibles, et principalement sur les huiles : il les minéralise, et les convertit en asphalte, en pétrole, en naphte...

Cette conversion des huiles végétales, ou animales, par l'action de l'acide sulfurique, est prouvée par l'expérience, comme nous allons le dire.

DE LA MINÉRALISATION DES SUBSTANCES BITUMINEUSES.

Toutes les substances bitumineuses, le jayet, l'ampelite, le lithanthrax, ou charbon minéral, l'asphalte, et le pétrole, sont certainement des produits de végétaux, des tourbes, des bois fossiles et des animaux enfouis à différentes profondeurs dans le sein de la terre, ainsi que nous venons de le prouver. Les principes qu'en retire l'analyse chimique, les huiles, les acides végétaux, la potasse, l'ammoniac, le carbone, ne laissent aucun doute à cet égard. On trouve même encore avec ces substances, des portions d'arbres entiers, des poissons, des coquilles...

Mais ces bois fossiles, ces animaux... ont subi de grandes altérations pour passer à l'état bitumineux. Il faut tâcher de con-

naître les causes de ces changemens. Les chimistes ont multiplié les expériences pour en découvrir les causes.

J'ai mélangé de l'acide sulfurique avec de l'huile d'olives. Elle est devenue noire, épaisse, et a acquis quelques caractères de l'asphalte.

Hatchette a trituré avec l'acide sulfurique différentes résines, différens beumes, de la cire, de l'huile d'olives (1)... Toutes ces substances ont été converties en matière charboneuse, ainsi qu'on le savait; mais il a observé quelques faits nouveaux.

100 Parties de la résine de mastic, traitées de cette manière avec l'acide sulfurique, lui ont fourni 66 parties de charbon.

100 Parties de la même substance, distillées, à feu nud dans des vaisseaux fermés ne lui ont donné que 4 parties et demie de charbon.

100 Parties d'ambre, traitées de même par l'acide sulfurique, lui ont donné 56 parties de charbon.

La même quantité d'ambre distillée ne lui a donné que $3\frac{1}{2}$ parties de charbon.

100 parties d'huile d'olives, traitées par l'acide sulfurique, lui ont donné 55 parties de charbon. L'huile distillée lui en a donné beaucoup moins.

Ces expériences prouvent donc que les substances huileuses, résineuses... traitées avec les acides, donnent des quantités de charbon beaucoup plus considérables que lorsqu'on les distille à feu nud, dans des vaisseaux fermés.

Or, les bitumes ou charbons de terre distillés à feu nud, dans des vaisseaux fermés, donnent également des quantités très-con-

(1) Transactions philosophiques de Londres. *Journal de Physique*, tom. 64, pag. 405.

sidérables de carbone. Nous avons vu que cent parties de charbon de terre ont donné, à Proust, de 64 à 77 de carbone.

Le jayet distillé a donné un volume de carbone quarante fois plus considérable que celui du jayet.

On ne trouve, dans les cendres du charbon de terre, aucune trace de potasse.

Les cendres du bois brûlé en contiennent, au contraire.

Ce n'est pas seulement, ajoute *Hatchette*, dans les proportions de carbone qu'il existe une si grande différence, entre le charbon obtenu des substances résineuses, par le procédé humide (c'est-à-dire, par l'acide sulfurique), et celui obtenu par le feu nud. Cette différence se trouve aussi communément dans la qualité.

Le charbon obtenu de plusieurs résines, par le procédé humide (l'acide sulfurique), était brillant, dur, iridescent.... Celui obtenu des mêmes substances, par le feu, n'avait pas les mêmes propriétés. Le premier brûlait lentement, comme la plupart des charbons minéraux; tandis que l'autre, au contraire, se consumait en un instant, comme le charbon de bois.

Hatchette chercha ensuite si les autres acides minéraux produiraient les mêmes effets que l'acide sulfurique. Il traita de la sciure de bois de chêne avec l'acide sulfurique et avec l'acide muriatique. Il eut, dans l'une et l'autre expérience, une matière charboneuse abondante. Mais celle qu'il obtint par l'acide muriatique, conserva quelques propriétés des charbons végétaux ordinaires : au lieu que celle qu'il obtint par l'acide sulfurique ressemblait plus aux charbons minéraux. Elle brûlait comme eux, et ne laissait également aucunes traces d'alkali, de potasse.

La couleur noire des matières bitumineuses, paraît due, comme celle des bois fossiles, à cette réaction des acides.

Mais les tourbes n'ont pas toujours la couleur noire. Ce qui prouve que la même réaction n'y a pas eu lieu.

Hall a fait d'autres expériences pour découvrir les causes qui ont pu convertir les substances végétales et animales en bitumes. Il a mis, dans des canons de fer, fermés avec soin, des substances animales et végétales, et y a appliqué un degré de chaleur de 20 à 30 degrés, du pyromètre de Weedgwood. Il a obtenu une substance huileuse, qui, refroidie, a pris de la consistance, et avait beaucoup de rapports avec le charbon minéral. « Dans cette expérience, dit-il (1), les gaz n'ont pu se » dégager de ces substances. Ils y sont donc demeurés combinés, » comme dans la craie traitée par le même procédé, et ces » substances végétales ont acquis une partie des propriétés du » charbon minéral ».

Hall ayant exposé à la chaleur, dans des canons de fer bien fermés, de la craie, obtint une pierre calcaire très-dure. L'acide carbonique, dégagé de la craie, a été comprimé. Il s'est combiné de nouveau avec la chaux, et a composé une espèce de spath calcaire.

Quant à l'odeur bitumineuse, *Hall* l'a obtenue de substances végétales et animales, qu'il avait fait chauffer, en les soumettant à une forte *compression* (2).

« Je convertis, dit-il, pag. 186, *par la compression*, la sciure » de bois et la corne en une sorte de *houille*, qui brûlait avec » une flamme brillante.

» Le mélange des deux matières produisit une substance qui

(1) Expériences qui montrent combien la compression peut modifier l'action de la chaleur, page 180.

(2) *Description* d'une suite d'expériences qui montrent comment la compression peut modifier l'action de la chaleur, par Sir James Hall.

» avait exactement l'odeur de la suie , du goudron , de la houille.

» Je suis donc porté à croire que le règne animal a contribué ,
» comme le végétal , à la formation des couches bitumi-
» neuses ».....

La réunion de tous ces faits , que nous venons de rapporter , ne permet pas de douter que les substances bitumineuses ne soient le produit de matières végétales et animales , altérées par l'action des acides , principalement le sulfurique , aidée par la COMPRESSION.

L'acide phosphorique , ni l'acide muriatique , ne paraissent pas y contribuer , ou du moins y contribuent peu , puisque , dans les résidus de l'analyse de ces charbons , on ne trouve ni *muriates* , ni *phosphates*.

Mais les acides végétaux et animaux , contenus dans les bois fossiles , dans les tourbes et dans les substances animales fossiles , ont pu également contribuer à la minéralisation de ces substances , et à leur conversion en bitumes.

Car nous avons vu que les *ampelites* , qui , en brûlant , donnent l'odeur bitumineuse , les tourbes et les bois fossiles , étant distillés , donnent une grande quantité d'*acide végétal* , de l'*ammoniac* , et une *huile figée*.

Le jayet donne , à l'analyse , les mêmes produits. Néanmoins , il a déjà perdu le tissu ligneux , et a pris la texture résineuse du charbon , et il donne , en brûlant , l'*odeur bitumineuse*.

Toutes ces qualités de l'*ampelite* , du jayet , diffèrent de celles des bois fossiles peu altérés. Elle paraissent dues à l'*action de l'acide végétal* , sur la portion huileuse de ces substances , aidée de la compression. Cette altération de l'huile est prouvée , parce que celle qu'on retire de ces substances est *figée*. Et ces bois fos-

siles, ces ampelites, ces jayets ne paraissent pas avoir éprouvé aucune autre espèce d'altération.

D'ailleurs, cet acide a disparu dans le charbon minéral, ainsi que la potasse. L'huile qu'on en retire est liquide, et n'est pas figée.

On ne peut donc douter que la compression n'ait coopéré avec cette action des acides sur l'huile, comme dans l'expérience de Hall. Cette action et cette compression ont donné au jayet et à l'ampelite, cette odeur bitumineuse, et l'aspect bitumineux de la houille; au lieu que les bois fossiles, ou plongés dans l'eau, deviennent noirs; mais, au feu, n'acquièrent point l'odeur bitumineuse, parce qu'ils n'ont pas été comprimés.

La tourbe sèche, composée d'arbres enfouis, sans compression, n'a point l'odeur bitumineuse.

Mais, dans le lithantrax, il y a eu une plus grande altération des matières végétales et animales. Elle paraît due à une portion d'acide sulfurique, qui a joint son action à celle des acides végétaux.

Mais la compression contribue beaucoup à la conversion de ces substances fossiles en substances bitumineuses. C'est ce que prouvent les expériences de Hall.

1^o. Cette compression est prouvée par la grande quantité des couches supérieures à ces bitumes.

2^o. On aperçoit souvent que les troncs d'arbres enfouis dans les couches bitumineuses, sont *applatés*, et leur section transversale forme une ellipse.

3^o. Cet aplatissement a été d'autant plus considérable, qu'il y a dû avoir un commencement de décomposition. Mais les gaz n'ont pu se dégager. La compression les a retenus.

La conversion des substances végétales et animales fossiles en bitumes, paraît donc due :

1°. A la réaction des acides végétaux ou animaux, sur les huiles de ces substances.

2°. A l'action des acides minéraux, surtout du sulfurique, sur ces mêmes huiles.

3°. A la compression qu'ont éprouvée ces substances, et qui n'a pas permis le dégagement des gaz qui y étaient contenus.

DE LA FORMATION ET DES DÉPÔTS DES COUCHES BITUMINEUSES.

Les substances végétales et animales fossiles, converties en substances bitumineuses, par les causes que nous venons d'assigner, ont ensuite été déposées pour former les couches de houille, ou charbon minéral.

Nous avons déjà dit que les couches bitumineuses ne peuvent avoir été formées directement par les bois fossiles ou les tourbes; car les bois fossiles sont déposés en *amas confus*, au lieu que les couches bitumineuses sont régulières, comme les couches calcaires, les couches gypseuses, et sont souvent très-minces.

Il faut donc nécessairement supposer que pour la formation de ces couches, les substances bitumineuses ont été dans un état de mollesse, ou même de fluidité, comme toutes les autres substances minérales qui sont déposées en couches régulières, et suivent les lois des affinités.

Or, nous ne pouvons concevoir cet état de mollesse ou de fluidité, qu'autant que ces substances bitumineuses étaient à l'état d'asphaltes, ou d'huiles minérales.

Supposons effectivement que ces grandes quantités d'asphaltes et d'huiles minérales, que nous avons vu s'élever du sein de la terre en plusieurs endroits, sortent du fond d'un lac ou d'un bras de mer, comme la fontaine de Naphte qui se trouve dans

la baie de Naples, les sources de Bakou sur les bords de la mer Caspienne... ; elles nageront quelque tems sur la surface de l'eau. Elles absorberont de l'oxygène, s'épaissiront de plus en plus, et enfin *se précipiteront au fond du lac*. Elles s'y déposeront en couches plus ou moins épaisses ; des parties terreuses, des oxides de fer s'y mélangeront, et il se formera une *couche bitumineuse*.

Des parties terreuses de différentes natures, soit schisteuses soit calcaires, soit grèzeuses, viendront se déposer sur celles-ci, et former de nouvelles couches, qui recouvriront les couches bitumineuses.

Une seconde *couche bitumineuse* se déposera sur celle-ci, comme la première.

Une seconde couche terreuse couvrira celle-ci....

Et ainsi se déposeront alternativement, suivant les *lois des affinités*, ces couches de bitume et de différentes terres. On connaît déjà dans la montagne de Saint-Gilles, proche Liège, soixante-une couches bitumineuses, alternant avec diverses couches terreuses.

Ces formations sont analogues aux formations des autres couches minérales *calcaires, gypseuses, schisteuses*.

Les couches des terrains des environs de Paris, par exemple, se sont également opérées suivant les lois des affinités.

a. Les couches supérieures grèzeuses.

b. Des couches schisteuses.

c. Des couches gypseuses.

d. Des couches calcaires ou calcareo-schisteuses.

e. De nouvelles couches gypseuses....

Les lois des affinités ont toujours présidé à la formation de ces couches : ce sont des faits *constans*, dont les causes néanmoins présentent encore quelques difficultés.

Ces couches schisteuses, grèzeuses, etc., qui alternent avec

les couches bitumineuses, n'ont pas toujours été tenues en dissolution dans les eaux, quoique ces dépôts se soient faits suivant *les lois des affinités*. Elles n'étaient le plus souvent que suspendues dans la masse des eaux, comme paraissent l'avoir été dans la formation des terrains des environs de Paris, les couches de grès, d'argile, de schistes....

Il est donc possible que quelques couches bitumineuses n'aient été également que suspendues dans le sein des eaux, telles sont celles des géantrax, ou terres bitumineuses.

Mais le plus grand nombre des couches bitumineuses paraît avoir été dans un véritable état de dissolution

Cette théorie simple de la formation des couches bitumineuses paraît satisfaire à tous les phénomènes qu'elles présentent, et leur formation a dû s'opérer comme celle des autres couches minérales, schisteuses, calcaires, gypseuses....

Mais, où prendre, dit-on, cette quantité immense de matières végétales ou animales fossiles? Les couches bitumineuses de Liège ont jusqu'à 3,200 pieds de profondeur, celles de Wihtheltsawen sont encore plus profondes....

Je répons que cette difficulté est commune à tous les systèmes. Mais on peut lui donner une réponse satisfaisante.

1°. Avant l'origine des grandes sociétés humaines, et il s'était écoulé un grand nombre de siècles, la surface du globe était entièrement couverte de forêts; des animaux innombrables y périssaient: les eaux entraînaient, et leurs débris et ceux des forêts dans le sein des mers ou des lacs, et elles en formèrent des amas immenses.

2. Ces tourbes, ces bois, ces animaux étaient convertis en asphaltes, en pétroles...., par les causes que nous avons assignées.

3°. Enfin ces substances ont été postérieurement ou tenues

en suspension ou en dissolution dans le sein des mers et des lacs.

4°. Elles s'y déposaient ensuite, suivant les lois des affinités, par couches, comme toutes les autres substances minérales, les schistes, les grès, les calcaires, les craies, les gypses, les apatits....

Les difficultés sont les mêmes pour la formation de ces diverses couches minérales....

5. Enfin, il s'est formé dans ces couches, des fentes..., ce sont les *failles*.

DE LA FORMATION DES COUCHES SULFUREUSES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Les observateurs ont vu dans les terrains secondaires, des bancs considérables de soufre *alternant* avec d'autres couches minérales, ainsi que nous l'avons rapporté (1), il faut rechercher les causes de leur formation.

La formation de ces couches sulfureuses secondaires, doit être expliquée comme celle des couches bitumineuses dont nous avons parlé précédemment.

Ces couches sulfureuses ont différentes épaisseurs, depuis celle de quelques pouces jusqu'à celle de trente pieds, t. 1, p. 89.

Elles alternent régulièrement avec des couches d'autres substances minérales de gypse, d'argile....

On en doit donc conclure que ces couches sulfureuses ont obéi aux lois des affinités, comme les couches gypseuses, argileuses.

Elles ont donc comme celles-ci été tenues en suspension,

(1) Tome 1, pages 79 et 141.

ainsi que les couches argileuses, ou tenues en dissolution ainsi que les couches gypseuses, les couches calcaires.

DE LA FORMATION DES STRONTIANITES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Le sulfate des strontianes se trouve en couches régulières alternant avec d'autres couches de substances minérales au val de Mazzarin, en Sicile, ainsi que nous l'avons rapporté, tom. 1, page 174.

Le sulfate de strontiane se trouve également dans des couches argileuses des environs de Paris.

Ces sulfates de strontiane sont composés d'acide sulfurique et de strontiane.

L'acide sulfurique a été formé, ici comme ailleurs, par la décomposition du soufre.

Mais, qu'est-ce qui aura fourni la strontiane ?

a. Ou il faut dire qu'elle a été apportée des terrains primitifs : elle y est cependant très-rare.

b. Ou cette strontiane est d'une formation nouvelle, quoique aucun fait ne l'indique.

Cependant il ne serait pas impossible que cette strontiane fût d'une formation nouvelle : car les faits indiquent que dans plusieurs circonstances, il y a de nouvelles formations de nouvelles terres, comme chez les êtres organisés.....

DE LA FORMATION DES BARYTITES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Nous avons dit (tome 1, page 93) qu'on trouve des barytites dans des terrains secondaires, comme au mont Paterno

la pierre de Boulogne , à Angleseale la wittserite ; il faut rechercher les causes de leur formation.

a. Ou cette terre barytique aura été apportée des terrains primitifs , quoi qu'elle n'y soit pas très-abondante.

b. Ou elle est de formation nouvelle. Aucun fait n'indique qu'elle sort de formation nouvelle. Cependant la chose n'est pas plus impossible qu'elle ne l'est à l'égard de la strontiane.

DE LA FORMATION DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES QUI SE TROUVENT DANS LES TERRAINS SECON- DAIRES.

Les terrains secondaires contiennent des quantités considérables de diverses substances métalliques en différens états, ainsi que nous l'avons rapporté (tome 1 , page 166) ; il faut rechercher les causes de leur formation.

Elles paraissent différentes de celles qui ont formé les mines métalliques qui se trouvent dans les terrains primitifs.

Les substances métalliques des terrains primitifs , paraissent avoir primitivement coexisté avec les autres substances de ces terrains. Elles étaient toutes mélangées ensemble ; elle se sont ensuite séparées suivant les lois des affinités , et ont cristallisé chacune à part. Le plus grand nombre a formé des filons plus ou moins étendus , ainsi que nous l'avons exposé.

La formation des mines métalliques , dans les terrains secondaires , a été opérée d'une autre manière. Elle présente d'assez grandes difficultés. Il faut d'abord chercher l'origine de ces substances métalliques.

Les unes paraissent des produits nouveaux.

Les autres paraissent avoir été apportées des terrains primitifs , où elles sont très-abondantes.

Des substances métalliques de formation nouvelle dans les terrains secondaires.

Plusieurs substances métalliques des terrains secondaires paraissent d'une production nouvelle.

Tous les faits prouvent que le fer est produit journellement, et très-abondamment chez les végétaux et les animaux. Toutes les cendres des végétaux brûlés contiennent d'assez grandes quantités de fer.

Les tourbes marécageuses qu'on forme artificiellement en Hollande, contiennent également beaucoup de fer.

Les substances animales contiennent également de grandes quantités de fer, comme l'a prouvé Menghini.

Le manganèse.

Schéale a retiré des végétaux une certaine quantité de manganèse.

L'or.

Plusieurs chimistes ont dit avoir retiré des cendres des végétaux, surtout des sarmens de vigne, une petite quantité d'or. Mais ces expériences n'ont pas été suffisamment constatés.

Le fer, le manganèse (et peut-être l'or), étant produits si abondamment chez les végétaux et les animaux, ont donc dû fournir une partie de ces métaux, qui se trouvent dans les terrains secondaires.

DES SUBSTANCES MÉTALLIQUES APPORTÉES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Mais on trouve dans les terrains secondaires plusieurs subs-

tances métalliques, qui ne paraissent pas être de formation nouvelle. Elles ont donc dû y être apportées des terrains primitifs

1°. *Le plomb sulfuré ou galène.*

Il y a dans la Carinthie, à Bleyberg, des mines de galène, dans des terrains calcaires secondaires. Quatorze couches de galène alternent avec le même nombre de couches de calcaire secondaire, qui contiennent un grand nombre de coquilles. Quelques-unes, telles que les lumachelles, ont conservé leurs couleurs les plus vives.

2°. *Le cuivre.*

A Ilmenau, dans la Thuringe, des couches schisteuses remplies de fossiles sont assez riches en cuivre pour qu'on les exploite avec avantage.

3°. *Le zinc.*

Des mines de zinc oxidé et carbonaté sont très-abondantes dans des terrains secondaires, comme dans le duché de Limbourg.

4°. *Le mercure.*

Les mines de mercure d'Idria sont dans des terrains secondaires, qui contiennent un grand nombre de coquilles, de bitumes... Beauvrard m'a donné des poissons fossiles trouvés dans les mines de mercure des bords du Rhin...

Humboldt en a également observé au Mexique.

Mais aucun fait n'indique que le plomb, le cuivre, le zinc, le mercure... soient produits par les êtres organisés, et soient de formation nouvelle. Il faut donc en conclure que ceux qui se trouvent dans les terrains secondaires, y ont été apportés des terrains primitifs.

Une partie du fer des terrains secondaires y aura été également apporté des terrains primitifs, ainsi que le manganèse...

Cependant il ne serait pas impossible que ces métaux y fussent d'une formation nouvelle, comme la strontiane, la baryte... paraissent l'être dans d'autres circonstances; comme la chaux, la silice... et les autres terres, ou oxides métalliques.

DE LA FORMATION DES MASSES MÉTALLIQUES A L'ÉTAT TERREUX.

Ces diverses substances métalliques des terrains secondaires y sont en général sous deux états différens.

Les unes y forment des amas plus ou moins considérables à l'état terreux, et qui ne paraissent avoir été tenus que dans un état de cristallisation confuse; telles sont plusieurs mines de fer à l'état d'ocre, les mines de fer limoneux, phosphaté..., qui sont si abondantes dans les terrains secondaires.

On peut donc supposer que ces mines étaient seulement tenues en état de suspension dans les eaux, comme les schistes, les ampelites, les géanthrax, ou terres bitumineuses...

DE LA FORMATION DES MASSES MÉTALLIQUES EN COUCHES.

D'autres substances métalliques des terrains secondaires ont été tenues dans un véritable état de dissolution, ont cristallisé régulièrement, telle est la galène de Carinthie, qui forme plusieurs strates superposés

Elles ont formé des couches plus ou moins épaisses, plus ou moins étendues.

Ces cristallisations ont été opérées dans les terrains secondaires par les mêmes causes que dans les terrains primitifs.

DE LA FORMATION DES MASSES MÉTALLIQUES EN NIDS DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

La formation des masses métalliques des terrains secondaires, *en nids*, mérite toute l'attention des géologues. Nous allons prendre pour exemple la mine de mercure d'Idria. Plusieurs auteurs en ont parlé; mais nous rapporterons principalement ce que vient d'en publier Payssé (*Annale de Chimie*, tome 91, page 161).

« La nature des roches, qui constituent la mine d'Idria, dit-il page 196, est généralement calcaire, et appartient à la formation des Alpes Juliennes. Ce calcaire, qui forme la majeure partie de la masse qu'on exploite, est rarement pur. Il est composé de chaux en plus grande partie, d'une autre portion d'alumine, de magnésie et de fer...

« Le gisement métallique a été reconnu à environ 400 toises de longueur, 500 toises en largeur, et 120 toises en profondeur (page 190).

» La constitution de cette mine paraît assez extraordinaire... Tout semble y annoncer le désordre, la confusion et le chaos (page 198). On dirait que quelque grande catastrophe a présidé à cette formation extraordinaire, et que tous les règnes se sont confondus pour constituer la richesse minérale, qui est enfoncée dans ce vaste souterrain.

» Des amas énormes de coquilles sont mélangés (brassés) avec le mercure, le bitume et le soufre....

Le mercure, dans cette mine, est mélangé ou combiné avec un grand nombre de substances.

- a. Avec le soufre , sous forme de cinabre.
- b. Avec des schistes.
- c. Avec des bitumes.

Ce terrain contient , d'ailleurs , plusieurs autres minéraux.

a. Du fer sulfuré , ou pyriteux ;
Du fer oxidé.

b. Du bitume.

c. Des schistes bitumineux , et non bitumineux.

d. Des coquilles , ou lumachelles (pag. 174) le plus souvent brisées. »

.

On doit conclure , de tous ces faits , que dans la mine d'Idria,

1°. Il y avait , lors de sa formation , une très-grande quantité de mercure qui avait été apporté des terrains primitifs , suivant les probabilités.

2°. Il y avait une grande quantité de fer.

3°. Une grande quantité de soufre.

4°. Il s'y trouvait également des bitumes provenans des terrains secondaires.

5°. Des schistes , souvent bitumineux.

6°. Une immense quantité de coquilles.

.

7°. Toutes ces substances ont été agitées de mouvemens violens , qui les ont mélangées , ont brisé les coquilles...

8°. Le mercure et le soufre se sont combinés , et ont formé le cinabre.

9°. Néanmoins la combinaison du mercure n'a pas été entière , une portion est demeurée à l'état natif.

10°. Le fer et le soufre se sont également combinés.

.

11°. La chaux et l'acide carbonique ont formé le calcaire.

.

12°. Malgré les grands mouvemens de la mase entière, les différentes substances ainsi mélangées ont obéi aux lois des affinités, et ont cristallisé en partie chacune séparément...

Les mines de mercure de Huancavelica, au Mexique, présentent des phénomènes analogues....

DE LA FORMATION DES COUCHES DU SEL GEMME DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

Nous avons rapporté (tome 1) qu'il se trouve dans les terrains secondaires des couches immenses de sel gemme. Leur formation a toujours été un objet de discussion parmi les géologues.

Nous rappellerons qu'on n'a point encore trouvé de sel gemme dans les terrains primitifs. Ainsi on ne pourrait supposer que celui qui est dans les terrains secondaires a été fourni par ceux-ci.

Mais d'où vient ce sel gemme ?

Il ne paraît pas que les eaux, à l'époque des cristallisations des terrains primitifs, en contiennent; car on n'a jamais trouvé de sel gemme dans ces terrains primitifs. Il y a cependant quelques portions d'acide muriatique dans l'argent muriaté, dans le mercure muriaté... de ces terrains. Il y a quelques portions de natron dans différens minéraux des terrains primitifs... (Voir mes *Leçons de Minéralogie.*)

Mais on n'a jamais trouvé dans les terrains primitifs ces deux substances combinées sous forme de sel marin.

Il paraît donc que ce sel est de formation nouvelle dans les terrains secondaires.

Nous avons vu effectivement que dans les plaines de sable de l'Afrique, de l'Asie... il se forme journellement d'assez grandes quantités de sel marin, mêlé de sulfate de natron, de magnésie, de chaux.

Il s'en forme également dans les nitrières, dans les terres végétales....

Ce sel est composé suivant Bouillon - Lagrange et Vogel (*Journal de Physique*, tome 78, page 98).

Mille grains d'eau de la mer, à Bayonne, ont donné :

Matière saline par évaporation	38 grains.
Acide carbonique	0. 23
Muriate de soude.	25. 10
Muriate de magnésie	3. 50
Sulfate de magnésie.	5. 78
Carbonate de chaux et de magnésie.	0. 20
Sulfate de chaux.	0. 15

Ce sel, formé dans les sables et les différentes terres, est dissout par les eaux pluviales, et charrié dans les mers et dans les lacs où elles se rendent. Il y cristallise par les lois ordinaires de la cristallisation.

Shaw rapporte la manière dont s'opère cette cristallisation dans les lacs et surtout dans le lac des Marques (*Shaw, voyage en Barbarie*, tome 1, page 297).

Il y a un grand nombre de ces lacs d'eaux salées en Afrique, en Egypte, en Asie... et dans toutes les parties de la surface de la terre.

Il y a ici deux observations à faire sur ces lacs.

La première est que ce sel cristallisé en été n'est point entièrement dissout par les eaux, qui, pendant l'hiver, s'accu- mulent dans ces lacs.

La seconde est que ce sel cristallise en été, et forme des couches plus ou moins épaisses, qui sont séparées par des dépôts de matières terreuses, sabloneuses... qu'y apportent les eaux.

Ce sont ces matières terreuses, déposées avec ce sel et mélangées avec lui, qui le rendent en partie insoluble dans l'eau. Aussi, la plupart de ces sels fossilés sont colorés par ces terres, ou en rose, comme ceux de Hall, ou en gris... Nous venons de rapporter, d'après Shaw, qu'à l'extrémité du lac des Marques, il y a une montagne de sel, que les eaux, soit celles du lac, soit les eaux pluviales, ne peuvent faire fondre.

Ce sel se trouve souvent en masse dans le sein des montagnes. Wilds fait l'énumération de plusieurs mines de ce sel (*Journal de Physique*, tome 53, page 427).

Le sel gemme (muriate de soude), ou le sel marin fossile, est très-abondant en Pologne. Ses mines occupent des contrées entières. Celles de Wieliska s'étend jusqu'à Bochnia l'espace de plus de vingt lieues.

Berniard a donné, dans le *Journal de Physique*, 1780, cahier de décembre, page 459, tome 18, une description détaillée de cette mine de Wieliska.

« Le premier lit, dit-il, celui qui est à l'extérieur, est du sable semblable à celui qui forme une grande partie du terrain de Pologne.

Ce banc de sable est suivi de plusieurs couches de terre argileuse plus ou moins colorée. Mais le plus souvent cette couleur est de rouille de fer. Ces couches, à une certaine profondeur, sont séparées par des lames de pierre que leur peu d'épaisseur, jointe à leur couleur noirâtre, ferait regarder comme des ardoises, quoiqu'elles soient calcaires.

Les premières couches de sel sont à environ deux cents pieds

de profondeur. Il y en a plusieurs les unes sur les autres. Les plus profondes où on soit parvenu sont à neuf cents pieds.

Ce sel forme de grandes masses. Plus profondément l'on pénètre dans ces salines, plus l'on rencontre le sel abondant et pur. Si l'on rencontre quelques couches de terre, elles n'ont ordinairement que deux à trois pieds d'épaisseur, et fort peu d'étendue. Toutes ces couches sont d'une glaise plus ou moins sablonneuse.

On n'a trouvé, dans ces couches, aucune substance combustible, telles que le soufre, bitume, charbon minéralisé, comme il s'en trouve dans les salines de Hall, de la Haute-Saxe, et du comté du Tirol.

On y trouve beaucoup de coquilles, principalement des bivalves, des madrepores. (*Berniard, ibid., page 463.*)

On y a même trouvé des dents molaires d'éléphants, et d'autres os de cet animal, suivant Deborn (1).

Le sel gemme est très-abondant en Hongrie, en Transilvanie, en Moldavie, en Valachie... Fitchel croit même que toutes ces salines communiquent avec celles de la Pologne.

L'Angleterre, l'Espagne, l'Italie, la Sicile, la Chine, l'Amérique, contiennent également beaucoup de mines de sel gemme.

Le sel gemme n'est souvent qu'en petites parcelles, comme en France, à Montmorot, à Salins en Suisse, à Bex....; les eaux coulant sur ces sels, s'en chargent, et donnent lieu à des fontaines d'eaux salées dont on extrait ensuite le sel par évaporation. A Bex on a fait de grands travaux

(1) *Catalogue de M^{lle}. de Raab, tom. 1, pag. 463.*

dans la montagne pour arriver à la masse saline qu'on supposait y exister ; mais les efforts ont été inutiles ; on ne saurait cependant en conclure que le sel n'y soit qu'en petites portions , et non en grandes masses.

Le sel gemme se trouve souvent dans des couches gypseuses , alternant avec des couches argileuses , calcaires.

Cependant , dans les riches salines de Pologne , les couches sont calcaires , argileuses , sabloneuses.

Toutes ces abondantes mines de sel sont situées dans les terrains secondaires , comme le prouvent les fossiles qu'on y rencontre fréquemment.

On voit cependant sortir quelques sources salées du dessous des terrains primitifs , comme auprès de Travers.... , mais on a reconnu que ces terrains primitifs avaient été détachés des montagnes supérieures , et avaient couvert des terrains secondaires , et les sources salées sortaient réellement de ces derniers.

On trouve aussi de grandes quantités de sel marin à la surface de la terre.

Toutes les plaines de sable si abondantes en Afrique , dans l'Asie méridionale , dans les steppes de la Sibérie.... , contiennent beaucoup de différens sels , surtout du sel marin ; du nitre , des sulfates de natron (sel de Glauber) , sulfates de magnésie....

Une partie de ces faits était connue des anciens : car Hérodote rapporte que les eaux qui coulaient au pied des pyramides d'Egypte , étaient chargées de sel marin.

Schaw nous a donné des détails intéressans sur les sels qui se trouvent dans la Mauritanie. Il observe que toutes ces contrées sont remplies de sels , et il ajoute :

« Les salines d'Arsev , dit-il , sont environnées de montagnes , et ont près de six milles de tour. En hiver , elles pa-

raissent comme un grand lac ; mais elles sont sèches en été ; l'eau s'exhalant alors par la chaleur , et le sel demeurant cristallisé au fond , on trouve en creusant dans ces salines , différentes couches de sel , dont quelques-unes ont un pouce d'épaisseur , et d'autres davantage , ce qui vient , à ce que je pense , de la différente quantité de particules de sel , dont l'eau qui a formé ces couches était imprégnée. Tout le terrain de cette saline est rempli de semblables couches entassées les unes sur les autres. Les salines qui sont entre Carthage et Gueltra , aussi bien que celles des marais de Shott , et celles de Sahara et son voisinage , sont constituées de la même manière ».

» Le Jibbel-Had-Deffa , est une montagne de sel , située à l'extrémité orientale du lac des *Marques* , qu'on appelle aussi Bahirah-Pharaonne , ou lac Triton. Ce sel est dur et solide comme une pierre , (Shaw , Voyages en Barbarie , tom. 1 , page 297). »

Ce lac des Marques (*Palus Tritonis*), des anciens , auprès de Tozzer , est éloigné de la mer de quarante lieues : sa longueur est environ de vingt lieues sur une largeur assez considérable. Ses eaux , comme le dit Shaw , sont très-salées , et s'évaporent en partie pendant l'été : le sel alors se dépose , et se cristallise.

Toutes les plaines de sable de l'intérieur de l'Afrique , contiennent de pareils lacs d'eau salée. On retrouve dans les plaines de sable de l'Arabie , de la Perse...., également beaucoup de sel marin.

Quelquefois , le sel marin se décompose : l'acide est volatilisé , et la base , le natron , demeure seul , ou se combine avec l'acide carbonique.

C'est ce qui forme ces *lacs de natron* , comme en Egypte ; tout le sel marin n'a pas été décomposé , il en demeure encore une partie mélangée avec le natron.

Le nord de l'Asie , la Sibérie , les environs du lac Baïkal , de l'Irtisch , de l'Haïk , du Volga , les environs de la mer Caspienne , contiennent également des plaines et des lacs remplis de différens sels , le sel marin , le sel de glauber ou sulfate de natron , la sulfate de Magnésie , le natron.... C'est ce que nous apprend Pallas , dans son Voyage en Sibérie.

« Les environs de Baïkal , dit-il , sont aussi abondans en sel de glauber et en natron , que les déserts de l'Iséth. On a découvert , il y a plusieurs années , de gros amas de sel de glauber , dans les lacs qui avoisinent la forge de la mine au nord de Baïkal. »

Au printems , ces sels sortent de terre , sous la forme d'une écume blanche très-mouillée ; elle se dessèche et devient une farine blanche comme la neige , en été.

Toute la plaine de Baraba est remplie de pareils sels.

Plusieurs parties de l'Amérique présentent les mêmes phénomènes. Il y a un lieu fameux sur les bords de l'Ohio , qui est abondant en sels , les animaux sauvages viennent le lécher.

Le sel marin est également assez abondant dans plusieurs terres , comme en Espagne , en Anjou.

Il faut observer que le plus souvent , ce sel gemme ou muriate de soude , est mélangé avec d'autres sels , et particulièrement le sulfate de soude ou sel de glauber.

D'après ces faits bien constatés par des observations exactes , il faut rechercher la manière dont ces sels ont été formés.

1°. Le sel marin me paraît avoir été formé dans les sables , dans les terres.... , comme il l'est dans les nitrières. On sait que dans celles-ci , il y a beaucoup de sel marin formé avec le nitre ; ce sont des produits nouveaux.

Les eaux courantes charrient ces sels.

Mais le nitre se décompose facilement.

Il ne demeure donc que le sel marin , qui est emporté dans les mers , dans les lacs , où il se dépose.

Le sel gemme ou sel marin fossile , est toujours déposé par couches assez régulières , alternant avec d'autres couches. Ces couches ont donc été formées par les mêmes procédés que les autres couches minérales ; les lois des affinités y ont exercé la même action ; car on ne trouve les mines de sel gemme que dans des cantons particuliers , et alternant avec d'autres couches.

On a de la peine à concevoir comment les eaux des mers contenant depuis un certain tems , et certainement bien antérieurement à la formation d'un grand nombre de ces couches secondaires , une quantité plus ou moins considérable de sel marin , toutes les couches des différentes substances minérales qu'elles ont formées postérieurement à cette époque , ne sont pas imprégnées de sel marin.

Mais ce sont des faits constans dont on ne saurait révoquer en doute la réalité ; il faut reconnaître que ce phénomène est une suite des lois de la cristallisation et de la solubilité de ce sel.

2^o. Quant aux mines de sel gemme , il me paraît probable que la plus grande partie de ces mines de sel fossile ont été formées dans des lacs particuliers , tels que la mer Caspienne , le lac Aral , le lac des Marques.....

Les couches de sel s'y déposent alternativement avec des couches de terre , de sable... comme nous l'avons vu dans celles formées au fond de ces lacs , du lac des Marques , par exemple. Les mines de sel de Wieslisca , en Pologne , présentent les mêmes phénomènes.

Le sel gemme est mélangé ordinairement avec d'autres sels , tels que le sulfate de natron , le sulfate de magnésie , le sulfate

de chaux ou gypse.... Nous avons vu que ces différens sels se forment, avec le sel marin, dans les sables, dans les terres, les nitrières....

Mais on ne trouve point de nitre dans le sel gemme, quoiqu'il s'en produise beaucoup dans les sables, dans les nitrières.... Mais on sait que ce sel se décompose avec une grande facilité.

Quelques-uns de ces lacs salés, tels que ceux d'Égypte, contiennent d'assez grandes quantités de natron ou de soude. Ce natron paraît le produit d'une portion de sel marin et de sulfate du natron décomposés par différentes causes.

Les masses de ces différens sels déposés au fond des lacs ont été le plus souvent entièrement recouvertes par des dépôts de diverses terres, des sables... comme on le voit dans les salines de Wielisca, dans les lacs salés d'Afrique, tels que le lac des Marques....

DE LA FORMATION DES CRISTAUX PARTICULIERS DANS LES MASSES DES TERRAINS SECONDAIRES.

On observe, dans des terrains secondaires, des substances formant des cristaux particuliers isolés, ainsi que nous avons vu que cela a lieu dans les terrains primitifs. (1)

Les gypses de Lunébourg, et ceux de Segébert, dans le Holstein, contiennent des boracites cristallisés régulièrement.

Les calcaires de Neuilly, proche Paris, contiennent des cristaux réguliers de fluor et de quartz mélangés avec des cristaux calcaires....

(1) *Leçons de Minéralogie.*

Nous avons vu qu'il se trouve au milieu des substances des terrains secondaires, des matières étrangères qui ne sont point cristallisées régulièrement, mais le sont d'une manière confuse, tels sont les silex, les molarites, les calcédoines secondaires, les ménilites, les pissites.... Ces cristallisations s'opèrent comme les analogues, dans les terrains primitifs, les agathes, les opales, les pissites....

DES SUBSTANCES ÉTRANGÈRES CONTENUES AU MILIEU DES COUCHES SECONDAIRES.

Toutes les substances, qui forment les couches secondaires, sont remplies de parties étrangères, qui varient, telles que des sables, des galets, des coquilles, des os...

On trouve au milieu des bancs de gypses les plus épais, des os de grands animaux, des carapaces de tortues, des os d'oiseaux, des squelettes de poissons...

Les schistes, les matières bitumineuses, contiennent souvent d'immenses quantités de divers végétaux parfaitement conservés. Ou y rencontre également les impressions de plusieurs poissons...

Enfin, le plus grand nombre des pierres calcaires des terrains secondaires, contiennent des quantités prodigieuses de coquilles. Quelques pierres de Mont-Rouge, proche Paris, ne sont presque qu'une réunion de petites coquilles nommées *millionites*.

D'autres pierres, auprès de Mayence, paraissent presque uniquement composées de petits bulimes.

Mais, un des phénomènes les plus extraordinaires que présentent ces dépôts, est qu'on rencontre souvent réunis les débris d'animaux et des végétaux, qui ne vivent aujourd'hui

que dans des climats très-éloignés, et d'autres dont on ne trouve plus les analogues.

Ainsi à Grignon il y a cinq à six cents espèces de coquilles fossiles. On n'y a reconnu qu'environ quarante ou cinquante espèces analogues à celles qui vivent aujourd'hui, et la plupart de ces analogues existent dans des mers très-éloignées.

Le trochus agglutinans, la fripière fossile, à Grignon. L'analogue vit dans les mers de l'Amérique méridionale.

Le pyrula ficus, fossile, à Grignon. L'analogue vit dans les mers des Indes.

Le murex tripterus fossile, à Grignon. L'analogue vit dans la mer Atlantique.

La crassatele fossile, à Grignon. L'analogue vit dans les mers de la Nouvelle-Hollande.

Les os des grands animaux sont le plus souvent assez bien conservés : ce qui indique qu'il ne furent transportés qu'à de très-petites distances ; car autrement ils seraient au moins usés, arrondis comme les galets. Mais il est certain qu'ils ont été transportés, puisque ces os fossiles sont ordinairement isolés, et que très-rarement les os du même animal sont réunis.

On trouve également, dans ces couches secondaires, et principalement dans les schistes et les argiles, une quantité considérable de végétaux plus ou moins bien conservés. Il n'y en a également qu'un très-petit nombre, dont on connaît les analogues.

La formation de ces nouvelles couches, remplies de cette immense quantité de débris d'êtres organisés, présente de grandes difficultés aux géologues. Aussi n'ont-ils encore donné aucune théorie satisfaisante de ce singulier phénomène.

Nous traiterons ailleurs la grande question des analogues, soit

végétaux, soit animaux. Nous allons seulement présenter ici quelques réflexions sur la manière dont on peut concevoir que tous ces débris d'animaux et de végétaux ont été apportés au milieu de ces diverses couches.

On trouve également au milieu de ces couches des substances minérales différentes de celles des couches.

Ils faut supposer que les courans des eaux des mers étaient assez violens pour transporter ces corps, que néanmoins ils ne l'étaient pas assez pour les briser et les réduire en poussière.

RÉSUMÉ.

Examinons maintenant les moyens qui ont servi à former les différentes couches secondaires, dont nous venons de faire l'histoire; et la question n'est pas sans difficultés: car les eaux des mers actuelles ne paraissent contenir presque aucune de ces substances. On n'en retire ni phosphate calcaire, ni substances métalliques, ni substances bitumineuses... On y trouve quelques sels de natron, de magnésie, de chaux... et en très petite quantité; elles ne paraissent former aucuns dépôts par couches: elles apportent seulement quelques sables, quelques galets, sur leurs rivages.

Comment les eaux ont-elles donc pu faire autrefois ce qu'elles ne font pas aujourd'hui? Telle est la grande question qui se présente à résoudre.

Je réponds qu'il est démontré que les terrains secondaires ont été formés dans les eaux des mers, de quelque manière qu'ils l'aient été. Il ne faut donc pas disputer sur la réalité du phénomène, mais en rechercher les causes physiques.

Il est prouvé que des eaux chargées d'acide carbonique peuvent tenir en dissolution une grande quantité de terre calcaire, et en former des stalactites, des albâtres, des pierres calcaires.

On voit se former journellement des stalactites, des stalagmites dans les grottes.

Des eaux courantes, telles que celles de Saint-Philippe, de Savonnières, d'Arcueil... déposent des quantités considérables de pierre calcaire, d'albâtre calcaire, d'alabastrite gypseux...

La fontaine de Saint-Allyre, auprès de Clermont, en Auvergne, au pied du Puy-de-Dôme, présente à cet égard des phénomènes surprenans. Elle sort dans un Jardin : son volume est environ de cinq à six pouces ; elle est tellement chargée de matière calcaire dissoute par l'acide carbonique, que dans moins de vingt-quatre heures elle en encroute d'une couche d'à peu près une ligne d'épaisseur la surface des corps qu'on place dans son cours. Elle se jette, après un trajet d'environ cent toises, dans un petit ruisseau, sur lequel elle s'est fait un pont en incrustant de cette même substance calcaire un arbre qui était tombé sur le bord de ce ruisseau. Arrivée dans le ruisseau, elle abandonne bientôt la plus grande partie de cette terre calcaire, par la dissipation de l'acide carbonique...

Si nous supposons que les eaux des mers aient pu contenir une aussi grande quantité d'acide carbonique et de terre calcaire, que les eaux de la fontaine de Saint-Allyre, on conçoit qu'elles auraient bientôt eu déposé des couches immenses de pierres calcaires.

Or, il paraît assez probable qu'aux époques où ont été formés les terrains secondaires, les eaux contenaient une grande quantité d'acide carbonique.

On voit journellement des masses pierreuses se former dans les eaux des mers, comme dans le golfe de Messine....

La compression a pu y contribuer dans quelques circonstances.

DE LA FORMATION DES MONTAGNES ET DES VALLÉES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Toutes les cristallisations des terrains secondaires, les pierres calcaires, les gypses, les phosphates calcaires, les schistes, les grès, les bitumes, les soufres, les substances métalliques, les substances salines... ont obéi aux lois des affinités. Elles forment des *strates*, des couches *parallèles*, absolument distinctes, qui *alternent* les unes avec les autres.

Elles ont été déposées sur les terrains primitifs qu'elles couvrent ; par conséquent elles ont dû en suivre les irrégularités, les élévations, les abaissemens... Elles auront formé ici des montagnes, ailleurs des vallées ; dans d'autres endroits, des plaines. Enfin, elles se seront modelées en général sur ces terrains primitifs. C'est la première cause des montagnes et des vallées des terrains secondaires.

Ces terrains secondaires forment des masses immenses. On les voit, et dans les lieux les plus profonds, tels que les mines de houille de Withe-Haven, et dans les endroits les plus élevés, tels que le Buet, aux Alpes, le pic du Midi, aux Pyrénées, et, dans les Andes, on a trouvé des coquilles jusqu'à la hauteur de deux mille toises.

Ces terrains occupent la plus grande partie de la surface du globe ; car nous avons vu que les terrains primitifs qui s'étendent beaucoup en longueur, ont très-peu de largeur en général.

Les diverses substances dont furent formés les terrains secondaires, soit celles qui sont cristallisées, comme les calcaires, les gypseuses... soit celles qui ne le sont pas, comme les argileuses, les schisteuses... étaient agitées par les *courans* qui avaient lieu dans le sein des mers. Elles étaient transportées çà et là ; enfin, elles étaient déposées, souvent horizontalement,

mais, d'autres fois, ces dépôts étaient d'une manière plus ou moins inclinée.

Ces courans charriaient, en même tems, tout ce qui se trouvait au fond des mers, les sables, les petites pierres, les coquilles, les ossemens fossiles et les autres débris des êtres organisés; ils les déposèrent au milieu des nouvelles couches cristallisées ou non-cristallisées qui se formaient.

Mais comment des coquilles, qui ne se trouvent aujourd'hui que dans des mers très-éloignées les unes des autres, se trouvent-elles présentement réunies à l'état fossile, dans un même endroit, comme à Grignon, à Courtagnon, dans les falhunières de la Touraine?

Comment des os fossiles d'animaux terrestres, comme des os d'éléphans, se trouvent-ils avec des os d'animaux marins, comme des baleines, avec des coquilles dont les analogues ne vivent actuellement que dans des mers éloignées les unes des autres, ainsi qu'on l'observe au mont Pulgasco.

Voici la manière dont il me paraît qu'on peut le concevoir.

Les courans généraux des mers parcourent des espaces considérables. Celui du golfe du Mexique part, ainsi que nous l'avons vu, des côtes d'Afrique, et se porte vers celles d'Amérique, entre les tropiques. Il remonte ensuite au nord, par le détroit de Bahama, jusqu'au banc de Terre-Neuve, d'où il revient aux côtes d'Europe. Il a donc pu, dans ce long trajet, charrier quelques-unes des coquilles ou autres fossiles déposés sur les bas-fonds qu'il a parcourus. Supposons qu'il vienne les déposer dans quelquelqu'endroit, comme à Grignon, dans les falhunières... On pourra donc, dans ces anas, trouver des fossiles dont les animaux ont vécu dans des contrées plus ou moins éloignées les unes des autres.

On pourrait objecter que si ces fossiles, par exemple, ces coquilles, avaient été apportés de distances éloignées, ils seraient

brisés... Je réponds qu'effectivement, le très-grand nombre de ces coquilles est brisé, comme dans les falhunières. Mais quelques-unes ne le sont pas, parce qu'elles étaient enveloppées dans la masse.

Ces mêmes courans ont pu apporter, à *différentes époques*, dans les diverses couches d'une même montagne, d'une même plaine, des fossiles et des coquilles différentes. Supposons donc qu'à une époque quelconque *a*, il ait été déposé telles espèces de coquilles dans des couches *A*.

Supposons qu'à une autre époque postérieure *b*, il se soit formé d'autres couches *B*, et qu'il y ait été déposé d'autres espèces de coquilles.

Supposons les mêmes opérations à une troisième époque *c*, à une quatrième époque *d*.

On conçoit que, de cette manière, il se serait formé, dans la même montagne, dans la même plaine, diverses couches, qui contiendraient chacune des coquilles et des fossiles différens, comme on le voit dans les craies, les pierres coquillères, les plâtres, les argiles, les sables... des environs de Paris.

Il y a une seconde cause de la formation des montagnes secondaires : c'est la cristallisation. S'il se trouve une grande quantité de substances de ces terrains, dissoutes et réunies dans un petit espace, elles s'y déposeront par cristallisation, et y formeront une montagne plus ou moins élevée, comme nous le voyons dans cette montagne de sel, qui est à une des extrémités du lac des Marques.

Enfin, des commotions souterraines, des explosions volcaniques, ont renversé des montagnes, en ont soulevé d'autres.

Ces montagnes ont postérieurement pu être altérées par différentes causes. Les frimats, les neiges, les avalanches, les pluies... les dégradent continuellement. Leur élévation diminue ;

leurs pentes deviennent moins roides... Enfin elles s'abaissent et s'arrondissent.

Les vallées auront également été modifiées... Les unes auront été plus ou moins encombrées par les débris des terrains supérieurs, des galets, des sables... et elles s'exhaussent.

D'autres auront été creusées, ravinées par des courans...

Des *angles saillans et des angles rentrans* y auront été formés par ces courans ; mais ce sera accidentellement, et surtout dans les plaines basses.

Dans les grandes masses des montagnes, les vallées spacieuses qu'on y observe ont rarement de ces angles rentrans et saillans. Dans les grandes gorges des Alpes, des Pyrénées... on voit souvent qu'une nouvelle vallée s'ouvre à l'endroit où on croirait trouver un angle rentrant, un nouveau cours d'eau vient s'y jeter dans la rivière principale...

Aussi cette théorie des angles saillans égaux aux angles rentrans est-elle presque généralement rejetée ; et on reconnaît que *Bourguet* lui avait donné trop d'extension.

Il faut, dans la formation des terrains secondaires, distinguer différentes époques, comme nous l'avons fait dans la formation des terrains primitifs.

1°. Formation des terrains secondaires qui ne contiennent qu'un très-petit nombre de débris des êtres organisés, tels sont les calcaires les plus élevés.

Les fossiles qui se trouvent le plus communément dans ces terrains, sont les cornes d'ammon, ammonites, les bélemnites, les entroques...

2°. Les terrains à houilles sont en général assez voisins des terrains primitifs. Ils contiennent des poissons, des plantes, des coquilles...

3°. Formation des terrains secondaires qui contiennent une certaine quantité de fossiles.

Ils sont situés à une hauteur moyenne au-dessus du niveau des mers.

On y trouve quelquefois des quantités immenses de coquilles, comme dans les falhunières de la Tourraine, à Grignon, à Courtagnon....

Ces couches sont de différentes natures.

a. Le plus souvent calcaires.

b. Gypsenses quelquefois.

c. Schisteuses.

d. D'appatits.

e. Gréseuses, ou de grès, comme aux environs de Paris.

4°. Formation des terrains secondaires les plus proches du niveau des mers.

Ils contiennent des quantités immenses de débris d'êtres organisés, surtout de coquilles fossiles. Nous avons vu que quelques pierres paraissent presque uniquement composées de coquilles...

5°. Formation des terrains tourbeux.

Ils sont en général dans le fond des vallées, et ont été formés en général après la retraite des eaux des mers.

Tous ces terrains ont été formés de différentes manières.

a. Les uns ont seulement été tenus en *suspension* dans les eaux, tels que les schistes, les argiles, les tourbes...

b. Les autres ont été tenus en dissolution, ou solution, et ont cristallisé d'une manière *régulière*, comme les spaths calcaires, les sélénites... ou d'une cristallisation *confuse*, les marbres.... ou d'une cristallisation *grenue*, comme les craies, les grès....

Mais pour avoir une idée plus nette de la formation des terrains secondaires, examinons celle des terrains des environs de

Paris (j'y mène promener tous les ans mes élèves); et je les ai décrits dans le *Journal de Physique*. Et cependant, ceux qui ont écrit postérieurement sur ces terrains, n'ont point parlé de mon travail.

DE LA FORMATION DES TERRAINS DES ENVIRONS DE PARIS.

Pour donner une idée générale de la formation des terrains secondaires, je vais rapporter ce que j'ai dit de celle des terrains des environs de Paris (*Journal de Physique*, tome 66, page 309, et le plan qui y est joint, même journal, tome 71, page 383). L'histoire de ces terrains doit intéresser particulièrement le géologue, parce qu'ils sont très-variés. D'ailleurs, ils sont ouverts de tous les côtés par les travaux multipliés, que le voisinage d'une aussi grande ville y a fait exécuter. Des naturalistes instruits, de tous les pays, les ont examinés avec le plus grand soin.

1^o. On trouve à l'ouest de Paris, sur les sommets les plus élevés, une espèce de silex ou pierre meulière, qui contient un grand nombre de coquilles fluviatiles, telles que des planorbes, des lymnées.... Ces coquilles sont souvent à l'état siliceux. Coupé en a donné des description exactes (*Journal de Physique*).

2^o. Sur les sommets des collines des environs de Paris, à Montmartre, à Ménil-Montant, à 150 mètres environ au-dessus du niveau de l'Océan (1), sont des couches régulières de sable remplies de coquilles marines, cérites, pétoncles, calyptrées, turritelles, solen, corbules et autres coquilles analogues à celles qui sont à Grignon. Ces couches alternent avec d'autres couches.

(1) Mémoire de Daubuisson, *Journal de Physique*, tom. 68, p. 390.

On trouve, dans ces sables, des portions d'un fer oxidé brunâtre.

On y trouve encore, du côté de Bagneux, de Chatillon... et dans les bois de Viroflai, du côté de Versailles, une assez grande quantité de mica. Ce mica me paraît provenir du détritüs des montagnes primitives de la Bourgogne, et qui ont été apportés par la vallée de la rivière d'Yonne.

3°. A vingt mètres plus bas environ, il y a deux petites couches d'huîtres marines.

4°. Succède ensuite une puissante couche d'argile, qui a quinze à vingt pieds d'épaisseur. Elle s'étend à plusieurs lieues, en offrant quelques modifications.

Quelques cristaux de sélénite sont disséminés dans cette couche : les eaux qui séjournent dessus, ou qui y passent, sont séléniteuses. Les argiles de la butte Chaumont contiennent une grande quantité de ces cristaux.

Les eaux pluviales s'arrêtent sur cette couche argileuse, qu'elles ne peuvent traverser. Elles coulent sur ses flancs et donnent naissance à différentes fontaines, qu'on voit surtout à Montmartre, à Belleville...

Les puits qu'on veut avoir dans ces cantons doivent être creusés jusqu'à cette couche d'argile.

On se sert, à Ménil-Montant, de cette argile pour faire de la tuile, de la brique... ce qui prouve qu'on ne peut l'appeler *marne*, et qu'elle ne contient pas, ou très-peu, de parties calcaires.

Dans cette couche d'argile on trouve des rognons de strontiane sulfatée, qui y ont cristallisé d'une manière confuse.

On y trouve également une terre verdâtre, qui paraît être de la *chlorite*.

5°. Au-dessous se trouve un banc peu épais de marne jaunâtre, qui renferme des tellines marines.

6°. Se présentent ensuite différentes couches de substances diverses, marne, schiste à polir (polière-schiffer), sable..

On a trouvé, dans ces dernières couches, des troncs de palmier à l'état siliceux. Quelques-uns avaient jusqu'à dix-huit pieds de longueur : j'en ai parlé dans le *Journal de Physique*.

7°. On arrive au plâtre (montmartrites), qui forme, dans ces cantons, trois masses distinctes.

a. La première, la supérieure, a de 50 à 54 pieds d'épaisseur. On y observe différentes couches. Il y en a une appelée des *hauts piliers*, qui paraît divisée en prismes analogues à ceux des chaussées basaltiques.

On trouve, dans cette couche, un grand nombre d'os fossiles de quadrupèdes, des os de testacées, des os d'oiseaux, des os de poissons...

Il y a aussi des petits rognons de silex, qui a un grain plus fin que le silex ordinaire.

b. La seconde masse de plâtre n'a qu'environ quatorze pieds d'épaisseur. On y distingue également différentes couches : quelques-unes sont composées de gypse spéculaire, que les ouvriers appellent *grignards*.

Ces deux couches sont séparées par des lits de schistes à polir, une couche d'argile à dégraisser...

Dans une de ces couches schisteuses, à Ménil-Montant, se trouve la *ménilite*.

Succède,

c. La troisième masse de plâtre, qui a quatorze pieds d'épaisseur. Elle est composée de plusieurs bancs, dans lesquels il se trouve des *grignards*.

Ces strates sont séparés par des couches de marne, des schistes...

8°. Au-dessous de ces dernières couches de plâtre, se trouvent des bancs de marne, dans lesquels sont des cristaux de gypse spéculaire.

9°. *Desmarests* et *Prévost* y ont trouvé des coquilles marines.

Ces trois masses de plâtre, qui sont à Montmartre, à Ménilmontant, à Pantin... ne s'observent plus les mêmes dans les plâtrières au midi de la Seine, à Bagneux, à Villejuif, à Antony... Il n'y a souvent qu'une masse : celle d'Antony n'a que dix pieds d'épaisseur...

Tous ces plâtres s'étendent depuis Corneil, cinq lieues au-dessous de Paris, proche Pontoise, jusques au-dessus de Château-Thierry, le long du bassin de la Marne, sur une longueur de trente lieues environ.

La largeur est environ de sept lieues, depuis Antony, sur la route d'Orléans, jusqu'à Saint-Brice, du côté de Sarcelles et d'Ecouen.

10. Aux masses de plâtre succèdent les grands bancs de pierres calcaires, du côté de Mont-Rouge... Ces pierres sont remplies de coquilles marines, qui sont des mêmes espèces que celles qu'on trouve à Grignon, des cérîtes, des corbules...

Dans ces bancs calcaires, derrière Issy, on trouve des *silex* formant des plaques de plusieurs pieds. Ils sont remplis de cérîtes silicifiés. Mais au dessus de ces grands bancs calcaires, dans la plaine de Mont-Rouge, à cent cinquante pieds d'élévation au-dessus du niveau de la Seine, on trouve des cailloux roulés, semblables à ceux de la sablonnière de Vaugirard, qui est presque au niveau des eaux de la Seine, ce qui prouve qu'autrefois il y a eu, à cette hauteur, la mer, ou des courans qui y ont déposé ces cailloux.

Ces grands bancs de pierres calcaires présentent sans cesse des différences remarquables, soit par leur épaisseur, soit pour

les fossiles qu'ils contiennent, soit pour leur nature. Celle de Mont Rouge est très-dure; celle de Saint-Leu est très-tendre...

11°. Il se présente ensuite une seconde couche d'argile qu'on exploite derrière Vaugirard par le moyen des puits creusés jusqu'à quatre-vingts pieds de profondeur. Cette argile est de la même nature que celle de la couche supérieure. J'y ai aussi trouvé des cristaux de sélénite. Ses bancs sont séparés par des bancs d'un sable quartzueux, grisâtre. Les bancs d'argile et de sable ont environ trente à quarante pieds d'épaisseur.

J'ai trouvé, dans cette argile, du bois passant à l'état bitumineux. Il forme, avec l'argile, une espèce d'*ampelite*, qui brûle en donnant l'odeur bitumineuse.

On trouve encore, dans cette argile, des pyrites ferrugineuses. Il me paraît qu'elles sont de formation nouvelle.

12°. Au-dessous de cette couche d'Argile sont des couches énormes de craie. On ignore leur profondeur; mais on est fondé à croire qu'elle est de plus de cent pieds.

Ces craies contiennent un grand nombre de coquilles marines, absolument différentes de celles des couches supérieures. Ce sont des bélemnites, des pinnes marines, des ananchites, des lituolites, des cranies, des térébratules, des spirorbes, des dents de squales...

On n'a pas pénétré au-dessous des couches de craie.

Ces craies paraissent, d'un côté, une continuation de celles du Gatinais, de la Champagne...

Et de l'autre côté, elles s'étendent sur les côtes de l'Océan, en Normandie, en Picardie... et vont communiquer avec celles d'Angleterre.

Ces couches de craie présentent d'assez grandes différences dans leurs différens gites.

.

Jetons maintenant un coup-d'œil général sur les terrains que nous venons de parcourir. Les différens strates, les différentes couches qui les composent, ne sont ni au même niveau au-dessus de celui des eaux des mers, ni de la même étendue, ni de la même épaisseur, ni de la même nature.

a. Les portions les plus élevées des terrains des environs de Paris, contiennent des molarites remplies de coquilles fossiles qui sont fluviatiles, des lymnées, des planorbes...

J'ai supposé que ces coquilles fluviatiles ont été apportées, comme les os des mammaux des continens, par des courans d'eaux douces qui se jetaient dans les mers. (*Journal de Physique*, tome 71, pag. 392).

Ces molarites varient dans les différens endroits.

b. Les sommets de Montmartre, de Ménil-Montant... sont couverts d'un sable quartzeux rempli de coquilles marines.... Ce sable, en quelques endroits, contient une assez grande quantité de mica.

Ce mica paraît un détritrus des pierres des montagnes primitives : il provient vraisemblablement des montagnes primitives de la Bourgogne, du côté d'Avalon, d'Autun. Il aura été charrié par des courrans qui existaient dans la vallée où coule aujourd'hui l'Yonne, laquelle vient se jeter dans celle de la Seine. Mais ce sable micacé aura été déposé sur les terrains des environs de Paris, à l'époque où ils étaient encore couverts des eaux des mers, puisque ces sables contiennent une grande quantité de coquilles marines ; ils forment, d'ailleurs, des couches régulières, parallèles, qui alternent avec des couches ou strates d'autres substances.

Ces faits prouvent que les couches de sable ont été formées comme les autres couches, les calcaires, les gypseuses, les argileuses... dans les eaux des mers.

Mais ces couches de sable ne sont pas partout les mêmes. Elles varient dans les différens endroits.

J'ai supposé que ces sables formant des couches régulières, sont les produits d'une cristallisation, mais d'une *cristallisation grenue*, analogue à celle de la craie.

c. Au-dessous de ces couches de sable, sont des couches de marne, des schistes à polir... qui varient également dans les différents endroits.

Ces couches ont été formées dans les eaux de la mer, comme le prouvent les couches d'huîtres marines...

d. La couche d'argile s'étend dans tous les environs de Paris, mais elle n'est pas partout de la même épaisseur et de la même nature. Elle forme des lits parallèles.

On trouve au-dessous une petite couche de coquilles marines.

Il n'est donc pas douteux que ces couches ont été formées dans les eaux des mers.

e. Les trois grandes masses de plâtre, que l'on observe à Montmartre, à Mesnil-Montant... ne se trouvent pas dans toutes les plâtrières des environs de Paris. Au midi de la rivière, comme à Bagneux, à Anthony, il n'y a qu'une couche qui a différentes épaisseurs. A Anthony, elle n'a qu'une dizaine de pieds; à Bagneux, elle en a près de trente.

J'ai trouvé, dans la haute masse de Montmartre, un *spare*, poisson de mer, un *ésoce*, autre poisson de mer.

Desmarêts et *Prevost* ont trouvé, dans les couches inférieures, des coquilles marines.

On ne peut donc douter que ces couches de plâtres de Montmartre n'aient été formées dans les eaux des mers, et l'opinion de Lamanon, qui avait dit qu'elles avaient été formées dans les eaux douces, est contraire à tous les faits.

On a voulu appuyer cette opinion par un fait. On a dit y

avoir trouvé un cyclostome ; mais ce cyclostome est terrestre ; et il ne prouve pas plus en faveur de l'opinion de Lamanon , que les os fossiles d'oiseaux , de marmose....

f. Les grands bancs de pierres coquillères ont été certainement formés dans les eaux des mers , puisqu'on y trouve une quantité immense de coquilles marines de diverses espèces.

Mais ces bancs de pierre sont entièrement différens dans les divers endroits.

Dans les plaines de Mont-Rouge, les bancs, qui sont ceux des cavès de l'Observatoire, sont d'une pierre dure, que les ouvriers appellent *caillou*, parce qu'elle fait feu au briquet. Elle contient effectivement beaucoup de silice. Les bancs sont épais ; mais, du côté de Châtillon, à quelques centaines de mètres, les bancs varient.

Ils varient encore plus, en allant du côté de Sèvres, du côté de Saint-Cloud, du côté du Calvaire, du côté de Nanterre.

A Saint-Leu, la pierre est très-tendre.

A Soyancourt, la pierre est assez dure : elle contient des oursins, ce qu'on ne voit pas dans les pierres dont nous venons de parler. Les bancs sont épais. On en a tiré la pierre pour le pont de Passy.

g. Les couches argileuses, qui se trouvent sous les grands bancs calcaires, mélangées avec des sables, ont été formées dans les eaux. Néanmoins, elles ne présentent aucun indice que ç'ait été dans les eaux des mers, puisqu'on n'y trouve aucuns fossiles.

h. Les craies des environs de Paris ont certainement été formées dans les eaux des mers, puisqu'on y trouve une multitude de diverses coquilles marines.

D'ailleurs, elles forment des bancs réguliers, comme ceux

des grands bancs de pierres calcaires, comme les couches gypseuses, les couches argileuses, les couches gréseuses...

Mais ces craies présentent les mêmes phénomènes que les autres couches des environs de Paris. Elles varient sans cesse. Celles de Sèvres sont différentes de celles de Bougival; celles de Soupe, entre Nemours et Montargis, diffèrent des unes et des autres. On observe, dans ces craies, entre Nemours et Montargis, des masses énormes de poudings, composées de silex arrondis, agglutinées par un ciment siliceux.

Les craies de Champagne varient encore plus.

Celles d'Angleterre diffèrent également de celles de France.

Ces craies ont été déposées par une cristallisation *grenue*.

On doit conclure de tous ces faits, que :

1^o. Des eaux des mers ont déposé, dans les environs de Paris, des couches immenses de craie, avec une multitude de coquilles marines.

Ce dépôt crayeux s'étend depuis les parties de la Champagne qui approchent les terrains primitifs, jusques à l'Océan, et de-là, s'étend à de grandes distances en Angleterre.

Ces dépôts crayeux varient sans cesse, par les silex et poudings qu'ils contiennent, par les coquilles....

2^o. Les mêmes eaux des mers ont déposé les couches d'argile qui sont au-dessus des craies, ainsi que les sables qui y sont mélangés.

Des portions des végétaux, tels que ceux qu'on trouve à Châtillon, y ont été entraînés des continents par les eaux.

Ces eaux étaient déjà séléniteuses, car j'ai observé des cristaux de sélénites dans ces argiles.

3^o. Ces eaux des mers ont ensuite déposé ces bancs énormes de pierre calcaire, remplie d'une quantité prodigieuse de coquilles marines, différentes de celles des craies.

Mais ces bancs calcaires varient à peu de distance les uns des autres. Ceux des différens endroits de la plaine de Mont-Rouge présentent de grandes variétés; ils diffèrent encore davantage du côté de Sèvres, de Saint-Cloud, du Calvaire, de Nanterre, des côteaux de la vallée de Montmorency, de Saint-Leu, de Sainte-Honorine, de Soyancourt....

A Grignon, il y a peu de calcaire compacte. Les coquilles de Grignon sont comme dans les falhunières amoncelées, et la plus grande partie brisée, *pilée*, suivant l'expression de Coupé.

En remontant la Seine, du côté de Choisy, de Saint-Maur, de Champigny..... ces pierres calcaires offrent les mêmes variétés.

4°. Les eaux des mers ont ensuite déposé les plâtres, comme le prouvent les coquilles marines qu'on y a trouvées dans les lits inférieurs, les poissons marins que j'ai trouvés dans les lits supérieurs.

Mais ces plâtres présentent les mêmes variétés que les autres couches dont nous venons de parler. Les couches de plâtre, au midi de la Seine, sont toutes différentes de celles qui sont au nord. Il y en a trois à Montmartre, et qui ont près de quatre-vingts pieds d'épaisseur... et à Anthony, il n'y en a qu'une seule qui n'a que quelques pieds d'épaisseur...

Celles qui sont du côté de Meaux, du côté de Château-Thierry... en diffèrent encore davantage.

Des courans ont apporté, de dessus les continens qui étaient découverts, des os de quadrupèdes continentaux, d'oiseaux....

D'autres courans ont apporté dans la plaine de Mont-Rouge, à 150 pieds d'élévation, les mêmes cailloux ou galets roulés, des débris de granit de la Bourgogne... qu'on retrouve dans les plaines de Grenelle, la sablonnière de Vaugirard...

J'ai supposé que ces dépôts de cailloux, dans la plaine de Mont-Rouge, ont été faits lorsque la mer baignait encore ces côtes, les terrains des environs de Paris, comme elle baigne aujourd'hui celles du Havre...

5°. Les eaux des mers ont ensuite déposé les différentes couches des schistes à polir, d'argiles... qui sont au-dessus des plâtres. On trouve dans une de ces dernières couches un petit banc qui contient des coquilles marines

6°. Les eaux des mers ont ensuite déposé les couches supérieures d'argile.

Les couches d'huîtres marines, qui leur sont contigues, ne laissent point de doute à cet égard.

Ces eaux contenaient encore des parties gypseuses, puisqu'on trouve dans les argiles des cristaux de sélénite.

Elles contenaient également des sulfates de strontianes...

7°. Les eaux des mers ont ensuite déposé les couches supérieures de grès. Ces couches sont très-régulières, et contiennent une multitude de coquilles marines.

Toutes ces couches de schistes, d'argile, de grès... varient dans les différens endroits comme les autres couches précédentes.

Un lac d'eau douce, après la retraite des eaux des mers, s'est peut-être formé dans une portion de ces terrains des environs de Paris, à l'ouest. Ces eaux douces auraient couvert ces terrains du côté de Grignon, de Bièvre. et y ont déposé des coquilles fluviatiles, des planorbes : peut-être ces coquilles y ont-elles été apportées par des courans.

9°. Des courans divers ont ensuite raviné ces différens terrains. La butte de Montmartre est séparée de celles de Belleville, de Pantin, et cependant on observe, et dans l'une, et dans les autres, les mêmes bancs, les mêmes couches. On ne sau-

rait donc douter qu'elles n'aient été contigues. D'ailleurs leur état de dégradation ne laisse aucun doute à cet égard.

Mais quelle a été la direction de ces courans ? Quelle a été l'intensité de leurs actions ? Nous n'avons aucune donnée précise.

Ce que nous venons de dire des terrains des environs de Paris doit s'appliquer également à tous les terrains secondaires. On y voit partout les différentes couches, les différens strates, varier sans cesse. Les différentes couches calcaires, les différens bancs des pierres changent continuellement.

Les terrains des environs de Rouen ne ressemblent pas à ceux des environs de Paris... quoiqu'ils soient également de formation secondaire.

Il faut dire la même chose de tous les terrains, jusques au Havre...

Les mêmes phénomènes s'observent sur toutes les côtes de Normandie, de Picardie... le long des bords de la Manche. Les terrains y sont partout, à la vérité, de formation secondaire, mais ils présentent partout des différences assez considérables.

On a dit que du côté de Boulogne, de Calais... les terrains des côtes d'Angleterre ressemblaient à ceux de France : cela n'est pas exact ; ils sont, il est vrai, également d'une formation secondaire, mais ils diffèrent beaucoup. On pouvait les confondre autrefois qu'on n'observait point avec précision, mais aujourd'hui cela n'est plus permis.

Tous ces phénomènes, auxquels le géologue ne saurait faire trop d'attention, sont des suites des lois de la cristallisation. Les eaux contenaient en dissolution ou en suspension différentes substances. Elles les ont déposé ça et là, en strates et en couches différentes. La précision qu'on porte aujourd'hui

dans les observations, ne permet plus de les confondre. Qu'on examine bien la structure des couches de la montagne de Saint-Giles, que nous avons rapportée, et on se convaincra de l'exactitude de ces observations.

DE LA DIRECTION DES COUCHES MINÉRALES DES TERRAINS SECONDAIRES, SOIT PIERREUSES, SOIT BITUMINEUSES, SOIT MÉTALLIQUES.

De savans géologues ont cru que les couches des terrains secondaires affectaient constamment des directions générales. Ils ont appuyé cette opinion sur une multitude de faits.

Génété soutenait cette opinion relativement aux couches bitumineuses. (*Traité des Houillères*, page 36).

« Les couches de charbon, dit-il, s'étendent d'Aix la Chapelle, par Liège, Huy, Namur, Charleroi, Valenciennes, Mons et Tournay, jusqu'en Angleterre, en passant sous l'Océan. »

« Et d'Aix-la-Chapelle, elles traversent l'Allemagne, la Bohême, la Hongrie. »

« Je ne sais si de l'Asie elles s'étendent jusqu'en Amérique, elles peuvent se suivre, comme en Asie et en Europe ».

« Cette traînée de veine est d'une et demie, à deux lieues de largeur, tantôt plus, tantôt moins. »

L'auteur a donné trop d'extension à des faits particuliers. Les veines de houilles se trouvent en général suivant la direction des vallées des terrains primitifs, qui comme nous l'avons vu, n'ont point de directions particulières.

On a également supposé que les mines métalliques ont des directions particulières; mais les mines métalliques des ter-

raîns secondaires ne paraissent suivre aucune direction déterminée; elles sont situées irrégulièrement dans ces différents terrains.

Humboldt a soutenu la même opinion (*Journal de Physique* , tome 53, page 48), en parlant des montagnes secondaires de l'Amérique méridionale.

« Les montagnes secondaires , dit-il , que j'ai observées jusqu'ici , se trouvent à peu près sous les mêmes rapports que celles d'Europe. Les plus anciennes paraissent encore avoir été affectées par la même cause, qui a déterminé les couches primitives à se diriger entre trois et quatre lieues , de la boussole , ou , comme les mineurs s'expriment : N. S. E. Elles sont , comme aux Alpes de Berne, du Valais , du Tyrol , et de la Styrie , souvent inclinées au sud-est , mais la plupart , et surtout les plus neuves , qui sont les plus visibles dans le terrain que j'ai parcouru , *ne suivent aucune loi fixe* , étant couchées presque horizontalement , ou se relevant vers les bords des grands bassins desséchés , que nous nommons les Lanos en Amérique , et des déserts en Afrique. »

J'ai observé les mêmes faits que *Humboldt*. Quelques-unes des couches des terrains secondaires , qui sont contigues aux hautes montagnes primitives , paraissent en suivre quelquefois les directions ; mais nous avons vu que ces terrains primitifs n'ont aucune direction déterminée.

Les mêmes faits s'observent relativement aux couches secondaires les plus basses , celles qui sont presque au niveau des mers : elles n'ont aucune direction particulière.

DES LIMITES DES COUCHES MINÉRALES DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les couches des terrains secondaires ont obéi aux lois des

affinités dans leur cristallisation ; elles ont donc des limites assez fixes , ainsi que les couches primitives. Ici se terminent les calcaires , là les gypseuses ; ailleurs , les schisteuses... ; elles ne se confondent jamais , excepté peut-être dans leur point de contact.

Une des difficultés les plus considérables que présente cette formation de ces diverses couches , est celle-ci :

Comment des terrains cristallisés confusément en couches , ont-ils pu former des masses isolées , et qui n'aient pas été continuées sur toute la portion de la surface du globe , couverte dans ce moment par les eaux ?

Le mont Ventoux , par exemple , en Provence , est une montagne calcaire , qui a environ mille toises d'élévation , et qui est entièrement isolée.

Laon est également une montagne secondaire , assez élevée , et isolée....

Nous observerons d'abord que les terrains secondaires n'ont pu être formés qu'après que les terrains primitifs furent sortis du sein des eaux , puisqu'il fallait qu'il y eût des continents découverts pour nourrir les végétaux et les animaux terrestres. Ainsi , ces portions de terrains primitifs ont pu être recouvertes par les terrains secondaires.

Mais la plus grande quantité des terrains primitifs , est moins élevée que quelques terrains secondaires.

Aux Andes , il y a des terrains coquilliers , à 2000 toises au-dessus du niveau de la mer.

Aux Alpes , on observe les mêmes phénomènes.

Aux Pyrénées , le Pic du Midi contient des coquilles à 1500 toises de hauteur.

On voit sans cesse les terrains secondaires , contigus aux primitifs , et souvent être plus élevés.

Il y a même des terrains primitifs au niveau des eaux de la mer, et au-dessous de son niveau. Toutes les côtes de France, depuis les sables d'Olonne jusqu'à Cherbourg, sont des terrains primitifs. Il est même vraisemblable qu'ils s'étendent sous l'Océan pour communiquer avec les terrains primitifs de Cornouailles.

Les mêmes faits s'observent sur un grand nombre de côtes; les terrains primitifs du fort La Malgue, à Toulon, communiquent vraisemblablement avec les terrains primitifs de Corse.

Il faut donc nécessairement supposer que des eaux chargées de substances des terrains secondaires, en ont pu déposer dans des endroits limités, comme au mont Ventoux..., sans en déposer dans tous les endroits qu'elles couvraient dans ce moment.

Les mêmes phénomènes s'observent dans les grands lacs d'eau salée. Il s'y forme en quelques endroits des couches très-épaisses de sel, des montagnes comme le Jibel-Had-Deffa, dans le lac des Marques; et dans d'autres, il n'y en a pas ou peu.

Dans les lacs de natron, on observe des couches de natron dans quelques endroits, et des couches de sel gemme dans d'autres endroits...

Des causes particulières et accidentelles, ont donc favorisé ces cristallisations dans quelques endroits, et s'y sont opposées dans d'autres.... C'est ce qui est constaté par une multitude de faits.

Hall a donné une autre explication de ce phénomène. Il l'attribue à l'action des grands courans.

« Tout indique, dit-il page 226 (1), qu'une grande quantité

(1) Description d'une suite d'expériences, par Sir James Hall.

» de matières a abandonné la surface actuelle du globe : et des
 » dépôts énormes de fragmens détachés évidemment de masses
 » semblables à nos roches ordinaires , attestent l'action de
 » quelque cause puissante de destruction. L'analogie nous con-
 » duit aussi à croire que *toutes les roches primitives ont une fois*
 » *été recouvertes par des secondaires* ; cependant des régions très-
 » vastes n'offrent aucune roche de cette nature ».

« Le docteur *Hutton* attribuait ces changemens à l'action
 » long-tems continuée des causes qui ne cessent point aujour-
 » d'hui d'attaquer la surface de la terre , telles que les gelées ,
 » les pluies , les inondations ordinaires des rivières.... qu'il con-
 » sidère comme ayant agi toujours avec la même force , dans
 » tous les tems.

» Mais je n'ai jamais pu admettre cette opinion , ayant adopté
 » de bonne heure celle de *Saussure* , à laquelle une bonne par-
 » tie des géologues du continent se sont également attachés.
 » Ma conviction reposait sur l'inspection des faits qu'il a obser-
 » vés dans le voisinage de Genève , et qu'il a donnés pour
 » base à son système. J'étais alors convaincu , et je n'en suis pas
 » moins persuadé actuellement , que *des courans immenses , assez*
 » *profonds pour dépasser nos montagnes , ont balayé la surface*
 » *du globe , creusant des vallées , rongé latéralement des mon-*
 » *tagnes , et emportant avec eux tout ce qui ne pouvait résister*
 » *à cette puissante érosion.*

» Il serait difficile de calculer les effets d'un pareil agent.
 » Mais si , par son moyen , ou toute autre cause , *la masse en-*
 » *tière des couches secondaires , dans des espaces considérables , a*
 » *été enlevée de dessus les primaires.* Le poids seul de cette masse
 » doit avoir suffi pour remplir toutes les conditions de la théorie
 » huttonienne. »

Hall suppose donc que l'action de courans immenses a pu

enlever, de dessus les terrains primitifs, les couches secondaires qu'il suppose les avoir tous couverts....

Je ne nie pas que cela ait pu avoir lieu dans quelques circonstances ; mais je ne pense pas que cela ait eu lieu pour tous les terrains primitifs, qui ne sont pas recouverts par des terrains secondaires.

D'autres géologues ont supposé que ces terrains primitifs étaient, dans le principe, plus élevés que les terrains secondaires ; et que, postérieurement, ils se sont abaissés au point où nous les observons.

Cette opinion ne me paraît également pas fondée, comme je le prouverai ailleurs.

Ces phénomènes ne peuvent donc avoir d'autres causes que celle que nous venons d'assigner, celle de la cristallisation.

DES TERRAINS SECONDAIRES PLUS ÉLEVÉS QUE LES PRIMITIFS.

Quoique, en général, dans les grandes chaînes de montagnes, les terrains primitifs soient plus élevés que les secondaires, le contraire a très souvent lieu, ainsi que nous l'avons dit.

Quelques géologues prétendent que ces terrains secondaires, plus élevés aujourd'hui que les primitifs, ont été primitivement à un niveau plus bas ; c'était l'opinion de Hutton, de Hall(1) : postérieurement, ils ont été soulevés au-dessus de ceux-ci.

Mais cette hypothèse, qui pourrait avoir eu lieu dans quelque circonstance particulière, ne saurait être généralisée. Ainsi, on pourrait peut-être supposer que, par exemple, le champ du Géant (*Campo di Gigante*), au Pérou, à 1200 toises au-dessus

(1) Hall, *Expériences de l'action sur l'action de la chaleur*, pag. 226.

du niveau de la mer, dans lequel on trouve d'énormes os fossiles, aurait été soulevé par l'action prodigieuse des grands volcans de ces contrées.

Mais cette hypothèse ne saurait s'étendre à toutes les couches secondaires de ces contrées.

On pourrait encore moins l'étendre aux autres grandes chaînes du globe, dans lesquelles on ne connaît point de volcans, telles que les Alpes, les Pyrénées, les Krapacks.

J'ai fait voir (*Théorie de la Terre*, t. 5, p. 101) que ces phénomènes sont encore des suites des lois de la cristallisation. Lorsque les terrains primitifs ont été cristallisés, il s'est formé des terrains secondaires, dissous dans les eaux qui couvraient encore une partie de la surface du globe. Ces terrains ont cristallisé par les causes que nous avons exposées; mais cette cristallisation ne s'est pas étendue sur toute la surface du globe: elle s'est opérée seulement dans quelques endroits, et non dans les autres.

On observe le même phénomène dans les lacs salés: il se dépose des masses considérables dans quelques endroits, et il y en a peu ou point dans les autres. Nous avons vu que, dans le lac des Marques, il se trouve, à une des extrémités, une masse considérable de sel, nommée *Jibbel-had-Deffa*.... Le sel a donc été amoncelé dans ce lieu.

Tous les autres lacs salés présentent les mêmes phénomènes. Dans les lacs de natron, en Egypte, le natron est amoncelé en quelques endroits, le sel marin dans d'autres....

Les faits constatent que les plus hautes sommités des montagnes sont des terrains primitifs, tels que le Mont-Blanc, le Mont-Rose.... aux Alpes, le Canigou, aux Pyrénées.

Les terrains secondaires n'ont été déposés que long-tems après que les terrains primitifs furent sortis du sein des eaux. Il

fallait qu'il y eût des portions de continent découvertes, pour que les végétaux et les animaux terrestres pussent y subsister.

Ces terrains secondaires n'auront pas couvert tous les terrains primitifs ; mais ils se seront amoncelés dans des endroits, plutôt que dans d'autres, comme les masses salines dont nous venons de parler.

Ce sont des effets des lois de la cristallisation, qu'on ne saurait trop étudier.

On a présenté d'autres explications de ces phénomènes.

Les uns ont dit que les terrains primitifs, qui se trouvent à un niveau plus bas que les secondaires, ont été affaîssés...

Les autres ont dit que les terrains secondaires ont été soulevés au-dessus des primitifs.

Ces deux suppositions ne pourraient être admises que pour quelques circonstances particulières ; mais elles ne le sauraient être pour toute la surface du globe.

DE LA POSITION HORIZONTALE, OU INCLINÉE DES COUCHES SECONDAIRES.

Les différentes couches secondaires sont quelquefois horizontales, mais le plus souvent, elles sont plus ou moins inclinées ; On peut en assigner plusieurs causes.

a. La position horizontale, ou à-peu-près horizontale de ces couches est la plus naturelle ; car des substances tenues en solution ou en dissolution, dans un fluide tranquille, et qui s'y déposent, affectent constamment la position horizontale, si le sol sur lequel se fait le dépôt est horizontal.

b. Mais si ce sol est incliné, les nouvelles couches affecteront la même inclinaison que celle des terrains sur lesquels elles se déposent.

c. Des couches secondaires sont à-peu-près verticales. L'inclinaison des couches des ardoises d'Angers est de soixante-dix à quatre-vingts degrés.

d. Enfin, il est des couches qui sont plus ou moins coudées, et forment des arcs presque concentriques. On en observe un grand nombre dans les Pyrénées, et dans toutes les grandes chaînes de montagnes. Saussure a décrit et fait graver de pareilles couches dans la montagne du haut d'Arpenax, entre Maglan et Salanches. « Les couches de cette montagne, dit-il, » §. 472, sont la continuation des couches supérieures de la » cascade, et forment des arcs concentriques ».

La formation de ces couches très-inclinées, et contournées, est assez difficile à expliquer; plusieurs causes ont pu y concourir.

e. La formation primitive de ces couches, leur cristallisation, en peut être regardée comme une des causes principales. Saussure l'a reconnu lui-même (§. 475) : en parlant des couches contournées du Nantz Arpenax, il dit : « La cristallisation peut » seule, à mon avis, rendre raison de ces bisarreries ».

f. D'autres couches inclinées ont pu prendre cette position par l'affaissement de leurs bases. Des eaux courantes, soit à l'extérieur, soit à l'intérieur, minent des terrains, font incliner, et quelquefois même renversent des montagnes.

g. Les tremblemens de terre ont bouleversé des contrées entières. Ils ont produit les inclinaisons de plusieurs couches. Une foule d'exemples le prouve.

h. Des courans ont pu ronger les bases de différentes montagnes, qui, par leur affaissement, auront produit l'inclinaison de plusieurs couches.

i. Mais les couches contournées paraissent provenir le plus souvent de couches schisteuses, qui, dans un état de mollesse,

ont coulé sur des terrains inclinés. Nous en avons plusieurs exemples. On voit souvent, après des pluies de longue durée, des couches schisteuses, situées sur des plans inclinés, couler et descendre à des distances plus ou moins considérables. J'en ai cité plusieurs exemples dans ma *Théorie de la Terre*,

DES FAILLES.

« Les houilleurs du pays de Liège (dit Génetté, des *Houillères*, page 40) appellent *faille*, ou *voile*, un grand banc de pierre, qui passe à travers de toutes les veines de houille qu'il rencontre, en couvrant les unes, coupant et dévoyant les autres, depuis le sommet d'une montagne jusqu'au plus profond des entrailles de la terre. »

Ces failles, ou fentes, peuvent être plus considérables du côté de la surface de la terre, ou l'être davantage à mesure qu'elles s'étendent vers le centre du globe. Dans la montagne St.-Gilles, près de Liège, il y a une faille peu épaisse, du côté de la surface de la terre, à environ cent pieds d'élévation, et à quatre cent vingt pieds d'épaisseur à la profondeur de trois mille cent quatre-vingt-deux pieds... Il y a plusieurs autres failles dans la même montagne. Quelques-unes ont peu d'étendue.

Les mines métalliques présentent également des failles. Nous avons vu que les filons sont souvent coupés par des substances hétérogènes, qui coupent ou dévient le filon métallique...

L'origine des failles mérite une attention toute particulière de la part du géologue. Elles font un phénomène général assez difficile à expliquer.

On peut envisager la faille sous deux points de vue, comme je l'ai dit *Théorie de la Terre*, tome 5, page 186.

a. Ou elle a été formée avec la masse des terrains dans lesquels elle se trouve.

Et alors, il faut l'envisager, ainsi que les filons, comme un effet de la cristallisation. Dans cette opinion, les substances qui forment la faille, se sont séparées par les lois des affinités, et ont formé cette espèce de filon au milieu des autres substances minérales, dont est composée cette montagne.

b. Ou la faille sera envisagée comme une espèce de fente qui se sera faite dans la montagne, et qui, postérieurement, aura été remplie par des causes secondaires...

.

Pour éviter des répétitions, je renvoie à ce que j'ai dit ci-devant en parlant de l'origine des filons métalliques dans les terrains primitifs. Il me paraît probable qu'ils sont, en général, des effets de la cristallisation.

Quelquefois, néanmoins, ils ont pu avoir pour causes des fentes.

DE LA FORMATION DES CAVITÉS SOUTERRAINES DANS LES TERRAINS SECONDAIRES.

On observe, dans les terrains secondaires, ainsi que nous l'avons exposé, un grand nombre de cavités souterraines. On a donné le nom de *cavernes* ou *grottes* (tome 1) à quelques-unes.

D'autres cavités souterraines sont longitudinales : je les appelle *fentes*.

La formation de ces diverses cavités doit être attribuée à différentes causes.

1^o La plupart de ces cavités sont postérieures à la formation de ces terrains secondaires. Elles sont dans des couches de pierres calcaires, de pierres gypseuses... Des portions terreuses

qui n'avaient pas acquis la consistance pierreuse, en occupaient la place. Des eaux coulant intérieurement au milieu de ces terrains, délayaient ces terres, les entraînaient, et laissaient des espaces vides qui constituaient ces cavernes. On trouve, dans la plupart de ces cavernes, des courans d'eau.

Ces eaux allaient sortir, à l'extérieur, dans le flanc des montagnes, où elles formaient des fontaines plus ou moins considérables. La fontaine de Vaucluse, en sortant du sein de la terre, porte bateau; et il a y en plusieurs qui sont dans le même cas.

D'autres fois ces eaux se rendent dans des cavités intérieures plus profondes, et vont sortir dans le sein des mers.

Peut-être quelques-unes se perdent-elles dans le sein du globe.

Les cavités, ou grottes, que Saussure a observées sur les bords de la mer, du côté de Gênes, lui ont paru avoir été creusées par les eaux de la mer.

2°. Des tremblemens de terre, des commotions souterraines... auront encore pu donner naissance à de pareilles cavités, en renversant des montagnes...

3°. Des affaissemens de terrains pourront produire les mêmes effets. Des masses de montagnes trop pesantes, des schistes qui se dessèchent... laisseront des espaces vides dans l'intérieur des montagnes.

4°. Quelques cavités auront pu être formées par de grandes masses cristallisées, solides, qui se seront précipitées. Elles auront laissé des espaces vides.

5°. Lorsque ces cavités auront beaucoup de longueur, et peu de largeur, elles prendront le nom de *feutes*. On en observe de semblables dans toutes les grandes carrières de pierres calcaires, de pierres gypseuses... Il y en a plusieurs dans les carrières ouvertes aux environs de Paris.

6°. Ces fentes peuvent s'étendre à de grandes distances, comme paraîtraient l'indiquer les commotions souterraines.

7°. Enfin le refroidissement de la surface du globe, plus considérable que celui de son centre, a dû y produire des fentes et des cavités, comme nous l'avons dit ci-devant.

DES TERRAINS PRIMITIFS SUPERPOSÉS SUR DES TERRAINS SECONDAIRES.

Ce fait singulier, et qui paraît contraire à toutes les opinions géologiques qu'on croirait les mieux fondées, a été d'abord avancé par un savant distingué, Buch, dans un voyage qu'il a fait en Norvège. (*Journal des Mines*, tome 30, page 405). Voici ce qu'il dit :

« Du côté de Christiania, il observa que le terrain est composé d'un gneis, qu'il regarde comme la plus ancienne formation et la base de tous les autres terrains dans le nord.

» Ce gneis est immédiatement recouvert par le *thonschiefer*, et le calcaire de transition. Mais dans l'intérieur de cette espèce de bassin de transition, on trouve une chaîne de petites montagnes de granit, qui s'élèvent à environ 750 mètres.

» Cette masse granitique, étant toujours séparée du gneis, on n'a pas de *faits positifs* pour juger de la superposition respective des deux roches. Mais l'auteur a de fortes raisons pour considérer le granit, comme le plus nouveau, et même comme faisant partie de la formation intermédiaire... Il a même quelques raisons de soupçonner qu'il pourrait bien reposer sur des schistes et des calcaires de transition. Cependant partout où il a vu la jonction de ces deux terrains, *le granit était toujours inférieur.* »

« Ce granit est absolument semblable à celui de la plus an-

cienne formation. Il est à petits grains, composé de feldspath rouge de chair, ou blanc, d'un peu de quartz, et de petites lames de mica. »

» Le calcaire a tous les caractères assignés à celui de transition. Il est généralement noir, compacte, contient beaucoup d'*orthoceratites*, longues, quelquefois de plus d'un mètre, divisées en petites loges. On y voit aussi des madreporites, des trochites, des entrochites, des pectinites et quelques autres coquilles inconnues. On dit même qu'on y a trouvé une ammonite... »

Tel est le précis de l'observation de Buch.

Il convient qu'il n'a pas de faits positifs pour juger de la superposition respective de ces roches. De fortes raisons, néanmoins, le portent à croire que le granit est le plus nouveau.

D'ailleurs, il convient que dans toutes ces contrées, les terrains sont singulièrement mélangés de différentes roches.

Omalius de Halloy, a fait des observations analogues dans le Cotentin, en Normandie. Il a cru voir des granits posés au-dessus des terrains secondaires.

Bonnard, ingénieur des mines, a observé (*Annales de Chimie et de Physique*, tome 1, page 210).

1°. Que le granit de Freyberg, en Saxe, est le noyau sur lequel s'appuie le gneis, et les autres roches de ce canton.

2°. Que les roches appelées par les Allemands *Weiss-tein*, (pierre blanche), composées de feldspath... constituent une formation particulière inférieure au gneis.

3°. Que le granit de Dohna est supérieur à des schistes argileux, qui alternent avec des grauwacke, et qu'il est par conséquent d'une formation postérieure à celle de plusieurs roches de transition, qui, dans quelques circonstances et dans d'autres lieux, renferment des débris d'êtres organisés.

Tous ces faits que nous venons de rapporter concernant la prétendue superposition des terrains primitifs, au-dessus des terrains secondaires, s'ils étaient bien constatés, présenteraient différentes explications.

a. Ou on pourrait dire que ces granits et autres substances des terrains primitifs, ont été, à l'instant de leur formation, superposés sur les terrains secondaires.

b. Ou on pourrait dire que les masses de ces terrains, soit primitifs, soit secondaires, ont été culbutées par des commotions souterraines, de manière qu'en supposant que les terrains primitifs eussent été d'abord sous les secondaires, ils se fussent ensuite trouvés au-dessus.

c. Ou enfin on pourrait dire que ces terrains primitifs, ces granits, auraient été remaniés postérieurement par les eaux, et auraient éprouvé une nouvelle dissolution, et une nouvelle cristallisation.

Cette troisième hypothèse ne paraît pas probable.

On pourrait plutôt supposer que des commotions souterraines ont culbuté ces terrains.

Mais auparavant que de prononcer sur ces faits, il faut voir de nouveau les terrains où on a cru les apercevoir, et bien examiner les circonstances... et s'assurer jusqu'à quel point ils sont fondés.

DES TERRAINS DE TRANSITION.

On observe entre les différentes masses qui composent la surface du globe, des terrains qui paraissent tenir aux deux terrains contigus. Ainsi, entre les terrains primitifs et les terrains secondaires, sont des terrains intermédiaires, qui ont des rap-

ports avec les uns et les autres. Il y en a beaucoup à Schenberg, en Saxe, dans la Tarantaise.....

Werner a donné à ces terrains le nom de *transition*, ou de terrains intermédiaires. (*Urberg-gangs-gebirgsarten*), ces terrains sont, suivant lui, composés de diverses substances.

a. De brèches et de poudings, des substances minérales qui se trouvent dans les terrains primitifs, tels que granit, hornblende, grauwacke, serpentines, stéatites.

b. On y trouve également des calcaires mélangés avec des schistes argileux, des stéatites...

c. Enfin, il s'y trouve des débris d'êtres organisés. tels que trochites, orthoceratites...

Ces idées de *Werner* sur ces terrains qu'il appelle de *transition*, ne me paraissent pas appuyées sur les faits; car puisqu'ils contiennent des débris d'êtres organisés, ils rentrent dans la classe des terrains que nous appellons *secondaires*.

DE L'ACTION DES COURANS DES EAUX DES MERS A LA SURFACE DES TERRAINS SECONDAIRES.

Les courans ont agi sur les terrains secondaires de la même manière qu'ils ont agi sur les terrains primitifs, et ils y ont produit des effets analogues, ainsi que nous l'avons dit tome 1, page 94.

a. Ils en ont sillonné les plaines, et y ont creusé des vallées nouvelles. Ils ont élargi celles qui y avaient été formées antérieurement. Enfin, ils ont dégradé plus ou moins les bases des montagnes.

b. Des terrains secondaires ainsi ravinés par les courans, présentent souvent aux deux côtés de la vallée et à la même hau-

teur, des couches analogues de substances semblables, soit calcaires, soit gypseuses, soit schisteuses, soit bitumineuses... et y forment des angles *rentrants* égaux aux angles *saillans*.

c. Les angles *saillans* de ces terrains sont souvent opposés à leurs angles *rentrants*.

Ceci s'observe particulièrement dans des plaines de terrains secondaires.

Mais on aurait tort d'en conclure que dans toutes les vallées il y ait des angles rentrants égaux aux angles saillans. Des savans ont dit que ce phénomène était un des principaux points, qui devait conduire le géologue. Bourguet a beaucoup insisté sur ce phénomène. Mais les observations ont prouvé qu'il y avait donné trop d'extension.

Dans les grandes masses des montagnes, il y a toujours, à la vérité, quelques vallées principales, où se rendent les eaux courantes, et qui sont les bassins des grands fleuves. C'est ce que l'on observe aux Alpes dans les bassins du Pô, du Rhin, du Danube... mais des vallées secondaires apportent leurs eaux dans ces vallées principales, et se trouvent le plus souvent aux lieux où auraient dû être des angles saillans ou rentrants...

Aussi des observateurs exacts, tels que Saussure... ont reconnu que Bourguet avait donné beaucoup trop d'étendue à cette cause, et que les angles rentrants et saillans étaient rarement égaux.

DE LA DÉGRADATION DES TERRAINS SECONDAIRES.

La dégradation des terrains secondaires est peut-être encore plus prompte et plus active que celle des terrains primitifs, et elle est opérée par les mêmes causes, les frimats, les neiges, les pluies... et principalement les eaux courantes.

Ces causes sont d'autant plus actives dans les terrains secondaires, que les substances dont ils sont composés ont moins de dureté que celles des terrains primitifs.

DE LA FORMATION DES MINES MÉTALLIQUES PAR TRANSPORT.

On appelle mines métalliques par transport celles qu'on suppose avoir été transportées par une cause quelconque, principalement par les eaux.

Les mines de fer des terrains secondaires, celles qui sont oxydées, telles que les ocres, celles qui sont phosphatées, telles que les limoneuses... ont été transportées par des courans. On les retrouve dans la plus grande partie des terrains secondaires, ainsi que nous l'avons vu.

DE LA FORMATION ET DU TRANSPORT DES BRÈCHES, POUDDINGS ET SABLES DES TERRAINS SECONDAIRES.

On trouve, dans les terrains secondaires, des quantités considérables de brèches, de poudings et de sables formés par l'action des eaux.

La formation de ces brèches, de ces poudings, de ces sables... est due aux mêmes causes que dans les terrains primitifs.

Des portions pierreuses des montagnes secondaires sont détachées, et ensuite agglutinées, par un ciment lapidifique quelconque. Lorsque ces morceaux détachés conservent leurs angles, ce sont les brèches.

S'ils ont été roulés et arrondis, ils forment les poudings.

Ces poudings sont le plus souvent formés de silex assez

durs pour n'être pas réduits en sable ou en poussière. Ces poudrings siliceux sont très-communs aux environs de Paris, à Nemours...

Et enfin, si ces morceaux détachés sont réduits en petites parties, ce sont les sables d'alluvion.

Les sables sont amassés en quantités immenses dans les terrains secondaires, ainsi que nous l'avons rapporté.

Werner a parlé d'une formation particulière de grès, qu'il appelle *grès rouge*, qui se trouve dans les terrains secondaires les plus anciens. Cette couleur rouge est sans doute due à des ocres de fer.

On peut donc supposer que ces grès rouges proviennent de débris des mines ocreuses ferrugineuses qui ont été charriées et déposées par des courans.

Ces sables secondaires des plaines sont souvent charriés par les vents, et sont transportés à de grandes distances. Ceux de la Lybie sont charriés par les vents d'ouest : ils encombrent la vallée du Nil... et vont jusqu'à la mer Rouge...

On sait qu'il arrive quelquefois que des caravanes sont ensevelies sous les mers de Sable.

Les sables des terrains secondaires peuvent avoir été formés par deux procédés différens.

a. Les uns l'ont été, comme les poudrings, et sont réduits en petites parties par le frottement.

b. Les autres sont le produit d'une cristallisation *grenue*, opérée dans le sein des eaux des mers.

DU TRANSPORT DES MASSES GRANITIQUES SUR LES TERRAINS SECONDAIRES.

Nous avons vu (tome 1) qu'on trouve sur les terrains secon-

daires des masses granitiques plus ou moins considérables. Les causes qui ont pu les y transporter sont assez difficiles à assigner.

Voici les faits dont il ne faut point s'écarter dans la recherche de ces causes :

1°. Plusieurs de ces masses granitiques, telle que celle qui a servi à élever un monument à Pierre I^{er}, sont d'un volume immense et d'un poids énorme. Cette dernière avait trente à quarante mille pieds cubes. Son poids était de plus de six millions de livres.

2°. La plus grande partie de ces masses granitiques sont d'un assez petit volume.

3°. Elles sont usées par le frottement, et arrondies, comme les galets des attérissemens.

4°. Quelques-unes, cependant, ne sont point arrondies, telle que celle que j'ai vue du côté de Pontarlier.

5°. Ces masses sont ordinairement à la surface de la terre. Quelques autres sont plus ou moins enfoncées.

6°. Elles sont le plus souvent sur des substances calcaires.

7°. Enfin elles sont à une distance plus ou moins considérable des chaînes des terrains primitifs, quelquefois à plus de vingt lieues.

On peut tirer de ces faits les conséquences suivantes :

a. Le transport de ces masses granitiques, sur les terrains secondaires, a donc été opéré postérieurement à la formation des dernières couches secondaires.

b. Ce transport a été fait par les eaux, puisque le plus grand nombre de ces masses est roulé.

D'où il faut conclure qu'à cette époque les eaux étaient au moins à la hauteur où on trouve ces masses.

Mais quelles sont les eaux qui ont charrié ces masses ?

Ferber attribue ce transport des masses granitiques au cours des fleuves. En parlant des blocs granitiques déposés sur les montagnes calcaires de l'état vénitien, il dit : Comment ces » roches détachées peuvent-elles avoir été portées où on les » voit ? Elles sont semblables, il est vrai, à celles qu'entraînent » dans leur cours l'Adige et la Brenta en traversant les mon- » tagnes du Tyrol. Mais ces rivières ont-elles pu, dans leur état » actuel, déposer ces roches roulées en des lieux élevés aujour- » d'hui de quelques pieds au-dessus de leur lit... ? Cela paraît » impossible... Il est donc plus naturel de croire que l'Adige » et la Brenta avaient autrefois leurs cours à cette hauteur. Le » cours de leurs eaux a peut-être suffi pour couper et percer » des vallons fort au-dessus de ceux qu'elles arrosaient (*Ferber, » Lettres sur l'Italie*, page 56). »

Il ne paraît pas que les eaux des fleuves aient pu produire des effets aussi considérables.

Il n'y a que les eaux des mers, ou des lacs immenses, qui aient été capables de déplacer des masses aussi pesantes.

Les nouvelles expériences de Bremontier, rapportées dans le *Journal de Physique* (tome 79, page 73) font voir la force prodigieuse des lames des grandes masses d'eaux. Il a exposé à l'impétuosité des ondes de la mer, auprès de Saint-Jean-de-Luz, des pierres du poids de mille livres, et de douze cents livres. La force des lames les souleva et les déplaça.

Les lames, dans ces cantons, ne s'élèvent que de quelques pieds.

Mais, dans d'autres parages, comme à Saint-Malo, elles s'élèvent jusqu'à quarante et cinquante pieds. Quelle force ne doivent-elles donc pas avoir ?

On doit donc supposer que dans tous les lieux où on trouve

de ces grandes masses granitiques, déposées sur les terrains secondaires, il y a eu des agitations violentes de grandes masses d'eau; les lames ont eu assez de force pour détacher ces masses et les transporter à des distances plus ou moins considérables.

Les masses, par exemple, que j'ai observées sur le Jura, du côté de Pontarlier, ont dû être apportées ou des chaînes du Mont-Blanc, et elles auraient été obligées de traverser une grande étendue de terrain.

Ou elles auraient été détachées du Saint-Bernard, ou du Saint-Gothard, et elles auraient traversé la vallée de Sion, celle du lac Ihéman.

Linné avait déjà reconnu que le transport de ces masses granitiques avait été opéré par les eaux des mers. En parlant d'une grosse roche micacée que l'on observe près Hoburg, en Gothlande, il dit : « *Lapis ingens micaceus, in distantia quadrantis milliariis ab Hoburgo conspiciendus gravior est, quam ut hominum viribus potuisset moveri. Nec tamen in loco sua natali jacet. Nam hic non reperitur materia ei generandó apta : Unde colligitur eum maris allucio fuisse hic deportatum ex sulta vel Moscovia, quum adhuc salso submersa esset Gothlandia* (Linn. *De Telluris incremento* § 39).

Linné reconnaît que cette grosse roche micacée avait été transportée à l'époque où la mer couvrait encore ces terrains.

On pourrait encore supposer que quelques-uns de ces transports ont été les effets des commotions souterraines. Elles sont quelquefois assez fortes pour transporter jusqu'à la distance d'une lieue et plus, des masses immenses de terrains d'une profondeur considérable, et contenant plusieurs arpens de superficie, comme il est arrivé en Calabre dans le tremblement de 1783.

Mais ces cas seront arrivés rarement. D'ailleurs le plus grand

nombre de ces masses est arrondi, roulé, ce qui suppose qu'elles ont été exposées à l'action des eaux.

DE LA COMPOSITION DES TERRAINS FORMÉS DANS LES EAUX DOUCES.

Plusieurs terrains secondaires ont été formés dans des lacs ou amas particuliers d'eaux douces, ainsi que je l'ai dit *Théorie de la Terre*, tome 5, page 137.

« L'acide boracique, par exemple, disais-je, ne se trouve » que dans les lagonis du Thibet ou ceux de la Toscane. Au » moins les naturalistes ne l'ont-ils pas encore observé ailleurs. « Ces lacs contiennent en même tems beaucoup d'acide sulfu- » reux, qui, passant à l'état d'acide sulfurique, dissoudra la » terre calcaire, et formera du gypse.

» L'acide boracique dissoudra en même tems de la magnésie, et une portion des terres calcaires, dont il formera des boracites.

» Ces deux substances cristalliseront simultanément dans le même liquide.

» On sent qu'il peut se former de cette manière, dans les lagonis du Thibet, et dans ceux de Toscane, des couches gypseuses très-étendues, au milieu desquelles se trouveront des cristaux de spath boracique. »

J'ai rapporté dans le même endroit divers autres exemples des cristallisations minérales opérées dans des lacs d'eau douce.

Enfin il est certain, disais-je, qu'un grand nombre de phénomènes géologiques ont été opérés dans des lacs.

Depuis cette époque, les géologues se sont beaucoup occupés de la formation des terrains dans les eaux douces.

Lamanon avait déjà dit que les plâtres de Montmarire avaient été formés dans un lac d'eau douce , parce qu'il y avait observé , disait-il , des coquilles fluviatiles , telles que des planorbes... (*Journal de physique* , tom. 18.)

Coupe a également observé , dans des terrains des environs de Paris , beaucoup de coquilles fluviatiles , telles que des limnées , des planorbes , soit siliceux , soit à l'état terreux... d'où il avait conclu qu'ils avaient été formés dans des lacs d'eau douce. Ces terrains sont à l'ouest de Paris et à la surface , mais il n'en a point observé à Montmartre. Ce lac d'eau douce y avait été formé après la retraite des mers , et il ne couvrait point Montmartre.

Bigot de Morose a observé dans les environs d'Orléans les mêmes coquilles fluviatiles... mais il a reconnu que ces terrains avaient été le fond d'un lac d'eau douce.

Cuvier et *Brogniard* ont prétendu avec *Lamanon* , que la butte de Montmartre et quelques terrains des environs , avaient été formés dans un lac d'eau douce , parce qu'ils y avaient trouvé un ciclostome terrestre. Mais j'ai fait voir que les couches supérieures de Montmartre , celles de grès , contenant une grande quantité de coquilles marines , il n'est pas probable que les couches inférieures aient été formées dans les eaux douces. Ce ciclostome y aura été apporté par des eaux courantes , comme les grands os des fossiles des continens qui s'y trouvent , les palothérium , les anoplothérium , les marmoses...

Ces mêmes savans , *Cuvier* et *Brogniard* , ont cru reconnaître des coquilles fluviatiles dans plusieurs autres endroits de la France , d'où ils ont conclu également que ces différens terrains avaient aussi été formés dans les eaux douces.

Plusieurs autres naturalistes ont aussi vu des coquilles d'eau douce dans différens endroits. *Passenge* en a observé auprès de

Roanne; Faujas auprès du Mayence; Breislac, dans les Apennins; Omalius, du côté de Rome, d'Ulm et de Nevers; Daubert du Ferrusac, dans la Silésie, Le Quercy, l'Aginois, en Espagne; Bosc, en Espagne, Risso auprès de Nice...

Il est donc certain qu'on trouve des coquilles fluviatiles à l'état fossile, en plusieurs endroits. Par conséquent il est probable que quelques-uns de ces lieux ont pu avoir été les bassins d'eau douce. Certainement il se forme encore journellement des terrains dans des lacs d'eau douce, tels que les grands lacs de l'Amérique septentrionale, ceux de l'Asie... Lorsque ces lacs seront desséchés en partie, ou en totalité, on y trouvera fossiles les coquilles fluviatiles qui y vivaient.

Mais on a voulu déduire de ces faits, que les terrains qui renferment des coquilles fluviatiles ont été toujours formés dans des lacs d'eaux douces. Il m'a paru que cette conclusion est trop générale, et j'ai dit (*Journal de Physique*, tome 77) que des coquilles fluviatiles pouvaient avoir été transportées dans des terrains formés dans le sein des mers, par les fleuves qui y portent leurs eaux, et que par conséquent quelques coquilles fluviatiles, trouvées dans un terrain, ne prouaient pas que ce terrain eût été formé dans les eaux douces.

Les eaux de la Seine, par exemple, peuvent porter dans la mer, au Havre, des planorbes, des lymnées... dans les terrains qui s'y forment...

J'ai également fait voir dans le même journal qu'on pouvait trouver des coquilles marines dans des terrains formés dans les eaux douces, par exemple dans le lac de Genève.

DE LA FORMATION DES TERRAINS D'ALLUVION PAR LES FLEUVES.

On observe des quantités plus ou moins considérables de

galets et de sables dans toutes les plaines qui sont traversées par des courans, par des fleuves....

Ces débris se présentent sous différens états.

1°. Ils sont des galets d'un assez gros volume dans les gorges des hautes montagnes.

2°. Leur volume diminue dans les vallées inférieures, parce que le frottement les use.

3°. Enfin ils sont réduits en parcelles plus ou moins tenues, en sables, en limons.

4°. Ou il sont à l'état terreux.

Ces terrains d'alluvion ressemblent, jusqu'à un certain point, à certains terrains secondaires, qui ont été dégradés par les eaux des mers, et dont nous avons parlé précédemment.

Mais ils en diffèrent par ce qu'ils ne contiennent point de coquilles marines.

DE LA FORMATION DES BRÈCHES ET POUDDINGS DES TERRAINS D'ALLUVION.

Parmi les quantités considérables de pierres des terrains d'alluvion, les unes sont anguleuses, les autres sont arrondies. Elles sont souvent réunies par un ciment quelconque : c'est ce qui forme les brèches et les poudings qui varient et à raison de la nature des pierres agglutinées, et à raison du ciment qui les agglutine.

Ces brèches et poudings se rencontrent dans différens terrains primitifs ou secondaires, traversés par les courans.

DE LA FORMATION DES LIMONS.

Quelquefois ces brèches ou poudings... sont réduits à l'état terreux, et forment les limons (1).

(1) Voir mes *Leçons de Minéralogie*.

Ces limons s'observent surtout dans les bassins des eaux qui coulent sur des fonds argileux, tels que la Charente, la Marne, la Saône...

Le bassin du Nil, la Basse Egypte, ou Delta, contiennent des quantités considérables de limons connus sous le nom de *terre du Nil*.

Ces limons sont de différentes natures, suivant celle des terrains qui servent de bassins à ces fleuves.

DE LA FORMATION DES SABLES DES TERRAINS D'ALLUVION.

Lorsque ces débris sont réduits en petites parties, ils forment des sables.

On trouve des quantités immenses de sable dans les terrains d'alluvion. C'est ce qu'on observe dans les bassins de tous les grands fleuves qui viennent des terrains primitifs, et principalement à leur embouchure dans les mers. Le Rhin et la Meuse déposent une si grande quantité de sable, que leurs eaux s'y perdent en partie avant que d'arriver à la mer. Toutes les mers des côtes de Hollande en sont tellement encombrées, que la navigation y est très-difficile, et y deviendra peut-être impossible dans quelques siècles : on a déjà beaucoup de peine à naviguer dans le Zuydersée.

Les embouchures du Vésér, de l'Elbe, de l'Oder, de la Vistule... présentent les mêmes phénomènes. Elles sont encombrées par des amas considérables de sable.

Ces sables s'amoncellent sur les côtes de ces mers, et forment des bancs de sable qui se prolongent plus ou moins loin.

Les mêmes phénomènes s'observent aux embouchures du Rhône, de l'Adour, de la Garonne, de la Loire...

Il faut distinguer soigneusement ces *sables d'alluvion* de ceux qui ont été formés dans les terrains secondaires. Ces derniers, tels que ceux qu'on observe dans les environs de Paris, à Ménil-Montant, à Montmartre... sont déposés par couches régulières, alternant avec des couches d'autres substances.... Ils sont remplis de *coquilles marines*.... Ceci indique qu'ils ont été déposés dans le sein des mers par une cristallisation *grenue*...

Les sables d'*alluvion* sont au contraire des débris des montagnes primitives. On ne les trouve que dans les bassins des fleuves qui descendent de ces montagnes, tels que le Rhin, la Loire, la Garonne, l'Adour, le Rhône...

Les fleuves qui parcourent des terrains secondaires, tels que la Marne, la Seine, la Saône... ne contiennent que des terres argileuses, des limons....

DE LA FORMATION DES MONTICULES D'ALLUVION, OU TERTIAIRES (1) DES VALLÉES ET DES PLAINES.

Quelquefois les substances que les alluvions ont entraînées à des distances plus ou moins considérables, se sont amoncelées çà et là, et ont formé des monticules, des vallées et des plaines.

La plaine de la Camarque, à l'embouchure du Rhône, a été formée par les matières d'alluvion charriées par ce fleuve.

A l'embouchure du fleuve des Amazones, il y a un grand nombre d'îles et de monticules formées par les mêmes atterrissements.

On observe également, à l'embouchure du Mississipi, du Saint-Laurent... des sables, des galets amoncelés.

(1) Pallas a donné à ces montagnes le nom de *tertiaires*. *Observations sur la formation des montagnes*, pag. 68.

Le grand banc de Terre-Neuve paraît un amas formé par ces atterrissemens du golfe Strimme.

Les dégradations qu'on observe principalement dans les terrains secondaires sont si considérables, que plusieurs géologues ont, pour les expliquer, supposé qu'il est arrivé à la surface du globe différentes catastrophes, à diverses époques.

Les uns ont supposé des catastrophes particulières, l'irruption, par exemple, des eaux de la mer Noire, ou Pont-Euxin, qui aurait rompu ses digues au détroit de l'Hellespont, et aurait inondé toutes les côtes de la Méditerranée.

D'autres savans ont supposé des catastrophes générales, telles qu'une inondation générale, l'action d'une grosse comète, qui aurait passé auprès du globe terrestre....

Nous parlerons ailleurs de ces hypothèses.

Mais nous n'avons point assez de faits constatés pour prononcer sur ces catastrophes. Les faits historiques nous disent que depuis trois à quatre mille ans, il n'y a point eu, à la surface du globe, de catastrophes un peu considérables. Les histoires des anciens peuples, tels que les Chinois, les Hindoux, les Perses, les Assyriens, les Egyptiens... nous font voir que leurs villes, Nankin, Benarès, Persépolis, Babylone (les vestiges), Jérusalem, Thèbes (d'Egypte)... sont toujours dans leur ancienne position. Les eaux des mers sont à la même hauteur sur ces côtes. C'est ce qui est bien constaté au cap Comorin, dans le golfe Persique, à Alexandrie, à Marseille...

Des traditions plus anciennes, qui remonteraient à dix à onze mille ans, suivant Platon, nous parlent d'une catastrophe considérable qui aurait fait disparaître l'immense île Atlantique (suivant le récit qu'un prêtre de Saïs fit à Platon). Mais ce récit de Platon n'est pas appuyé sur des preuves suffisantes.

Quelques faits géologiques paraissent indiquer des retraites

subites des eaux des mers, tels sont ceux rapportés par Fleuriat de Bellevue (*Journal de Physique*, tome 78); mais nous parlerons ailleurs de tous ces faits et de toutes ces théories.

SECTION SEPTIÈME.

DE LA FORMATION ET DE LA COMPOSITION DES TERRAINS VOLCANIQUES.

S'il est quelques phénomènes géologiques qui aient dû effrayer les hommes, ce sont ces commotions souterraines qui semblent menacer le lieu de leurs habitations d'une destruction totale, et ces flammes dévorantes qui s'élancent du sein de la terre entr'ouverte. A combien d'idées ridicules ces faits n'ont-ils pas donné naissance?... Ce sont ces grands phénomènes qui ont formé les terrains volcaniques dont nous avons donné ci-devant une description abrégée (1). On a vu que ces terrains forment une portion assez étendue de la surface de la terre.

Le philosophe doit rechercher les causes de ces phénomènes, qui ont eu une influence si marquée sur un grand nombre de faits géologiques. Mais malgré les travaux des hommes instruits qui se sont occupés de ces recherches, nos connaissances sur ces objets sont encore peu avancées. Nous allons commencer par exposer les faits.

Les terrains volcaniques composent une partie de la surface du globe, comme nous l'avons dit tome 1.

L'Europe compte trois grands volcans en activité.

(1) Voir mon Mémoire sur la classification des substances volcaniques. *Journal de Physique*, tom. 62, pag. 192.

Le *Vésuve*, qui paraît brûler depuis plus de trois mille ans, mais dont la première éruption bien constatée arriva en l'an 79, du tems de Pline le naturaliste, qui y périt.

L'*Etna*, ou mont Gibel, dont on ignore le commencement.

Le mont *Hecla*, en Islande.

Il y a plusieurs petits volcans en activé aux îles Ponces, tels que Stromboli, Vulcanello....

L'Asie compte un bien plus grand nombre de volcans en activité.

Ils sont très-nombreux dans les îles de l'Afrique, telles que l'île de Bourbon, les Canaries, les Açores, Madère....

Mais les volcans les plus considérables sont en Amérique, au Mexique, au Pérou.... aux Antilles....

.

Nous allons exposer les phénomènes qui ont lieu lors des éruptions volcaniques.

DES BOUCHES DES VOLCANS.

On appelle *cratère* la bouche par laquelle le volcan vomit le feu, la flamme, la fumée et les autres substances qu'il rejette de son sein. Il faut supposer que lors de la première explosion des volcans, ils font effort en tous sens : les couches supérieures sont obligées de céder, et elles le font dans l'endroit qui offre le moins de résistance, soit qu'elles y soient moins épaisses, soit qu'il y ait quelque fente, quelque crevasse... et c'est ce dernier cas qui doit avoir lieu le plus souvent. Cette ouverture sera le premier cratère du volcan.

Parmi les matières que vomissent les volcans, la plus grande partie est rejetée à peu près perpendiculairement. Elles re-

tombent dans le cratère ou sur ses bords ; elles s'y amoncellent et élèvent ce cratère. Mais en même tems elles le retrécissent par ses bords, de manière que dans l'intérieur il représente un cône tronqué renversé.

Mais lorsque l'accumulation de ces substances est devenue trop considérable, les bases s'en affaissent, et toute la partie supérieure du cratère retombe dans l'intérieur du volcan. Cette bouche se trouve alors trop évasée. Les éruptions continuant, il se forme un nouveau cratère. C'est ce qui est arrivé au Vésuve. Son ancien cratère s'est affaissé, et forme un grand cône tronqué et évasé d'un côté. On l'appelle *la somma*. Les éruptions postérieurs à cette chute ont formé un nouveau cratère, qui forme la bouche du Vésuve actuel.

Ce nouveau cratère s'est aussi écroulé différentes fois, mais principalement dans l'éruption de 1794, que Hamilton regardait comme une des plus fortes qu'ait éprouvée ce volcan, après celles de l'an 79, dans laquelle périt Pline, et celle de 1631.

Les nouvelles éruptions de ce volcan, en 1804, 1806, ont encore changé la forme du cratère.

Les portions des substances vomies par les volcans, et qui ne retombent pas précisément dans le cratère, s'amoncellent autour de lui, et forment des montagnes, qui s'exhaussent journellement par de nouvelles éruptions. Il se forme bientôt un cône plus ou moins rapide, composé de diverses laves, et qui s'élève à une hauteur plus ou moins considérable. C'est de cette manière que s'élèvent des pics volcaniques dans des lieux où peut-être n'existait-il primitivement aucune élévation remarquable.

L'Étna a aujourd'hui 1672 toises.

Le pic de Teyde, à Ténérife, a 1900 toises.

Le Puy-de-Dôme en a plus de 700.

L'Hecla a 834 toises.

Le Vésuve a 3700 pieds, ou 616 toises.

Lachimborale a 3270 toises. C'est une des plus hautes montagnes connues.

Les cratères des volcans sousmarins, ainsi que les montagnes volcaniques sousmarines, ont été quelquefois recouverts par de nouveaux dépôts, soit calcaires, soit schisteux, soit bitumineux... L'abaissement du niveau de la mer, les a ensuite mis à découvert. C'est ainsi que nous voyons plusieurs montagnes de volcans éteints composées de différentes coulées de laves, alternant avec des couches calcaires, schisteuses, bitumineuses.

Le mont Mesner, dans la Hesse, en présente un exemple frappant.

DES CAVITÉS VOLCANIQUES.

Par une suite nécessaire de l'élévation des cratères, et de l'exhaussement des montagnes volcaniques, il doit s'excaver d'immenses cavernes dans le sein de ces montagnes et dans leurs environs, ainsi que nous l'avons dit : elles sont proportionnées à la masse des matières inflammables consumées, et à celle des matières calcinées rejetées. Il se présente ici deux difficultés considérables.

L'Etna, par exemple, est une montagne presque entièrement composée de produits volcaniques. Sa hauteur est d'environ dix-sept cents toises, et sa base d'environ cent milles, ou trente-quatre lieues. Quelle excavation intérieure ne suppose pas l'éjection d'une si grande masse? Qu'on y ajoute la quantité de cendres jetées à des distances immenses, celle des matières combustibles qui ont été consumées... et on sera surpris de la pro-

digieuse étendue que doivent avoir les cavernes intérieures qui sont sous cette montagne.

Les cavités qui sont sous Chimborazo, Pitchinca... sont encore bien plus considérables.

La seconde difficulté que présentent ces phénomènes, est de concevoir comment cette montagne de l'Étna peut demeurer assise sur ces cavernes sans s'affaisser.

Ces difficultés sont encore plus saillantes, si on en fait l'application à des montagnes, telles que Chimborazo, Antisana, Cotopaxi, Oribaza, le pic de Teyde, aux Canaries...

On est obligé de supposer deux choses :

1°. Que toutes ces matières rejetées, ou consumées, n'existaient pas immédiatement sous les cônes volcaniques ; mais qu'une partie y avait été apportée d'endroits plus éloignés, par des galeries ou fentes collatérales.

2°. Que l'intérieur de ces voûtes immenses est en partie scorifié, vitrifié, et fait une seule masse : ce qui leur donne de la solidité. Effectivement, tous les voyageurs qui ont eu le courage de s'avancer sur les bords des cratères, pour regarder dans l'intérieur, ont aperçu que toutes les parties intérieures de ces cavités immenses sont scorifiées, et comme vitrifiées.

Ces vides forment les cavités volcaniques dont nous avons parlé.

DES ÉJECTIONS VOLCANIQUES.

Les substances que rejettent les volcans se présentent sous différentes formes qu'on doit soigneusement distinguer. Les unes sont sous forme solide ; les autres sont sous forme liquide, et constituent les laves coulantes ; d'autres sont sous forme de gaz, de vapeurs aqueuses, acides...

Lorsque le volcan n'est pas agité, il rejette seulement des

rendres, des lapillo, et quelquefois des morceaux de laves poreuses d'un volume assez considérable. C'est ce que rapportent tous les voyageurs qui ont été à même d'observer les cratères volcaniques dans les momens de tranquillité. Ils voient que la matière fondue dans l'intérieur du cratère est soulevée de tems à autres par des gaz qui s'en dégagent. Ces gaz emportent avec eux des cendres, des lapilio, et quelquefois des pierres scorifiées assez considérables.

Mais si le volcan est violemment agité, on voit les substances contenues dans l'intérieur du volcan bouillonner avec force. Elles s'élèvent peu à peu, et enfin, arrivées à la partie supérieure du cratère, elles s'épanchent et coulent comme un torrent enflammé : le plus souvent elles s'épanchent par des bouches collatérales qui s'ouvrent.

La lave a quelquefois une très-grande liquidité, et coule avec beaucoup de rapidité. Les laves vomies par le Vésuve, dans les éruptions de 1805 et 1806, avaient une grande liquidité, et coulaient rapidement. Hubert dit qu'une lave vomie par le volcan de l'île Bourbon avait une *liquidité aqueuse*.

La lave a d'autres fois une liquidité pâteuse, et coule très-lentement. Celle de l'Etna de 1614 coula pendant dix ans, et ne parcourut qu'un espace de deux milles.

Les laves forment quelquefois des courans immenses. Il y eut, en 1783, un courant de laves en Islande, qui parcourut quatre-vingt-quatorze milles en longueur, et couvrit un espace de cinquante milles en largeur, dit Spallanzoni (*Voyage des deux Siciles*, tome 3).

Il est quelques éjections volcaniques qu'on a appelé *boueuses*. Voici ce qu'en dit Humboldt (1).

(1) *Journal de Physique*, tom. 53, pag. 58.

« L'immense révolution de Pileo et de Tonguragua de Zuito ,
 » a couvert le sol, non de laves, mais *de boue argileuse*, préci-
 » pitée des eaux hydro-sulfureuses que vomissait la terre... »

On a observé des éjections semblables dans les volcans d'Italie et de Sicile. C'est pourquoi on les a appelé *boueuses*.

Mais parmi les matières rejetées par les volcans, il en est plusieurs qui ne paraissent pas avoir été altérées par l'action du feu. Le Vésuve, par exemple, rejette des marbres, des substances micacées, des pierres calcaires compactes, contenant des hyacinthes, des sommites, des mélanites, des ceylanites, des mélitites... qui ne paraissent avoir éprouvé aucune altération.

DES DÉGAGEMENTS DES VAPEURS DANS LES ÉJECTIONS VOLCANIQUES.

Les éjections volcaniques sont le plus souvent accompagnées de quantités considérables de vapeurs, ou fluides aériformes.

Ces vapeurs sont souvent aqueuses. Salmon attribue à des vapeurs aqueuses les phénomènes que présente le Puy-de-Dôme, la formation de la domite.

Ménard, qui a observé avec soin les éruptions du Vésuve, dit qu'il s'en dégage beaucoup de gaz et des quantités considérables de vapeurs aqueuses...

Ces vapeurs sont souvent imprégnées de l'odeur de l'acide marin, dit-il. Cet acide leur donne une couleur jaunâtre. Vauquelin a retiré de l'acide marin d'une lave jaunâtre du Puy-Sarcouy, proche Clermont, en Auvergne. D'autres vapeurs qui s'élèvent des volcans contiennent aussi de l'acide sulfureux.

DES DIFFÉRENTES ESPÈCES DE SUBSTANCES VOLCANIQUES.

Une des questions les plus intéressantes que présentent les

volcans, est de connaître les espèces des substances qu'ils rejettent : aussi les minéralogistes s'en sont-ils beaucoup occupés ; et néanmoins leurs opinions ne sont pas encore fixées.

J'ai divisé les substances volcaniques en cinq ordres (1).

I. *Laves fontiformes*, qui ont quelque ressemblance avec les masses de mines de fer fondues qui sont pauvres, connues sous le nom de *gueuses*.

Leur pesanteur est de trois à quatre fois plus considérable que celle de l'eau.

Leur dureté est assez considérable.

Leur couleur est comme celle des fontes, d'un gris plus ou moins clair, plus ou moins noirâtre.

Elles contiennent depuis un sixième jusqu'à un quart de fer oxidé.

Au chalumeau elles donnent un verre noir.

Elles sont sensibles à l'aimant, et souvent elles ont la polarité.

Cette espèce de laves forme la majeure partie des substances volcaniques.

Elle paraît à peu près de même nature dans tous les volcans connus.

II. *Les laves à base de porphyre pétrosiliceux*.

On les distingue seulement parce qu'elles couronnent ordinairement des cristaux de feldspath.

Leur pesanteur est de 260 à 270.

Leur couleur est d'un gris plus ou moins clair.

Elles donnent au chalumeau un verre incolore.

(2) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2.

III. *Les laves téphriniques à base de porphyre téphrinique.*

Elles contiennent des cristaux de feldspath.

Leur pesanteur est de 260 à 270.

Au chalumeau elles donnent un verre verdâtre.

IV. *Des laves hornblendiques.*

Elles contiennent des parties de hornblende cristallisée régulièrement, ou confusément.

Leur couleur est d'un gris plus ou moins sombre.

V. *Les laves leucitiques.*

Elles contiennent des leucites.

VI. On doit ajouter les laves *augitiques.*

Les observations, ai-je ajouté, découvriront sans doute des laves de nature encore différente, dont les bases seront ou de serpentine, ou de talc.... : on les nommera *laves serpentiniques*, *laves talqueuses*....

Mais chacun de ces ordres de laves présente un grand nombre de modifications : ce qui établit plusieurs espèces. J'ai distingué dans chacun de ces ordres :

1. Le verre volcanique.
2. Le perlsein.
3. La lave vitreuse.
4. La lave risiniforme.
5. Quelques laves vitreuses, contenant des cristaux de feldspath.
6. Des laves vitreuses fibreuses.
7. Les ponces.
8. La ponce pulvérulente, ou farine volcanique.
9. La lave scoriforme.
10. La lave poreuse.
11. Le lapillo,

12. Le lapillo pulvérulent, ou cendre volcanique.
13. La lave compacte non prismatique.
14. La lave compacte prismatique.
15. Les laves compactes ou non compactes porphyriques, avec cristaux de feldspath.
16. Les laves compactes ou non compactes porphyroïdes, avec cristaux d'augite, d'olivine.....
17. Les laves décomposées.
18. Les pouzzolanes.
19. Les laves amygdaloïdes.
20. Les laves variolites.
21. Les brèches volcaniques.
22. Les pouddings volcaniques.

.

Il ne saurait y avoir aucun doute sur la nature de la plupart de ces laves : on reconnaîtra toujours facilement celles à base de porphyre, celles à base de hornblende, celles à base de leucites.... On y retrouve tous les caractères des roches dont elles sont composées ; savoir : le pétrosilex, la téphrine, l'hornblende, le feldspath, la leucite, l'augite....

Leur analyse chimique donne également des produits analogues à ceux de ces substances ; savoir : de la silice, de l'alumine, de la chaux, du fer oxidé, du natron, de la potasse, de l'acide muriatique..... (1).

Voici l'analyse d'une obsidienne du Mexique :

Silice.	74	
Alumine.	14	20
Chaux.	1	20
Fer et manganèse oxidés.	3	

(1) *Leçons de Minéralogie.*

Natron.	}	3 50
Potasse.		
Acide muriatique.		
Eau.		

Telle est l'analyse du verre volcanique du Mexique, ou de l'obsidienne, qu'a donnée Drapier.

Toutes les analyses des pierres de cette nature, faites par d'autres chimistes, ont donné des produits analogues.

On voit que ce sont, en général, ceux des pierres de cette nature, non altérées par le feu.

La seule différence dans les principes de ces pierres volcaniques, et de celles qui ne le sont pas, est dans le natron et l'acide muriatique, que fournissent les pierres volcaniques. Or, ce natron et cet acide muriatique me paraissent provenir de la décomposition du sel marin, apporté par les eaux de la mer dans les foyers des volcans.

Mais les *laves fontiformes* présentent plus de difficultés pour en déterminer la nature : elles ont été tellement dénaturées par l'action du feu, qu'on n'y reconnaît presque plus aucun des caractères des substances qui ont pu les fournir. L'analyse qu'on en a faite donne des produits différens de ceux des autres laves. On en a retiré :

Silice.	46
Alumine.	16
Chaux.	9
Fer oxidé.	16 à 25
Natron.	4
Acide muriatique.	1
Eau et matières volatiles.	5

Telle est l'analyse que Kennedy a donnée du basalte de staffa : celles faites par d'autres chimistes sont analogues.

Cette analyse approche beaucoup de celle des schistes siliceux (kiekel schiffer, de Werner), ou trapps : c'est pourquoi je les avais appelé laves à bases *trappéennes*, *cornéennes* (dans la seconde édition de ma *Théorie de la Terre*, tom. 2, pag. 469).

L'analyse d'un de ces trapps des terrains primitifs, faite par Cabal et Chevreul, a confirmé cet aperçu. Ils en ont retiré (*Journal de Physique*, tom. 63) :

Silice.	55
Alumine.	15
Chaux.	0 5
Fer oxidé.	10
Manganèse, un atome.	
Potasse.	10
Eau et matières volatiles.	3 5
Charbon.	8

Les plus grandes différences qu'on observe dans ces analyses des laves fontiformes, et dans celles des schistes, sont dans le natron, l'acide muriatique et le fer. Mais le natron et l'acide muriatique de ces espèces de laves, comme ceux des autres espèces de laves, proviennent de la décomposition du sel marin, apporté dans ces foyers volcaniques par les eaux des mers.

Quant à la grande quantité de fer oxidé que contiennent les laves fontiformes, on doit l'attribuer, 1°. à celui qui est contenu naturellement dans les schistes; 2°. une autre portion est fournie par la décomposition des pyrites, dont l'inflammation a été un des alimens des feux volcaniques.

Ceux qui pourraient encore avoir des doutes sur l'origine que j'assigne ici aux laves fontiformes, n'ont qu'à visiter les lieux où se trouvent les substances appelées *pseudo-volcaniques*, formées par l'inflammation spontanée des houilles : ils y verront, comme à la Bouiche en Auvergne, les schistes qui recouvraient

ces houilles, convertis en substances analogues aux laves fontiformes. On y trouve des espèces de laves poreuses, scoriformes, compactes, vitreuses; enfin du vrai verre analogue à celui des laves fontiformes, donnant au chalumeau du verre noir...

Quelques-unes de ces laves sont compactes; d'autres sont plus ou moins poreuses, plus ou moins scoriformes. L'observation a fait voir que ce dernier état des laves est dû au dégagement des fluides élastiques. Il y a un dégagement continu de ces fluides dans toutes les bouches des volcans: et le plus souvent ces fluides emportent avec eux des lapillo, des cendres.....

Mais la matière pâteuse et visqueuse de la lave oppose une espèce de résistance à ce dégagement. Elle se trouve donc boursoufflée; et si elle se refroidit dans ce moment, elle forme les laves poreuses, les laves scoriformes, les lapillo....

Il arrive ici la même chose que dans la cuisson du pain fermenté ou non fermenté. Ce dernier, connu sous le nom de *pain azime*, est compacte; celui qui est formé d'une pâte fermentée, est au contraire plus ou moins poreux, parce que les gaz qui se dégagent par la fermentation sont dilatés par la chaleur, et soulèvent la pâte, qui ensuite, saisie par cette même chaleur, prend de la consistance.

Dans les grands courans de laves, on observe que la partie supérieure est poreuse, tandis que l'inférieure ne l'est pas. On a fait la même observation dans le résidu des substances métalliques fondues. Les canons de cuivre, de fonte..., les tables de cuivre sur lesquelles on coule les glaces..., sont remplis de *chambres*, ou de boursoufflures, lorsqu'on les coule horizontalement. Pour éviter cet inconvénient, on est obligé de les couler dans une situation verticale, et on a encore soin d'en retrancher toute la partie supérieure.

Spallanzani a même prétendu que ces boursouffures sont souvent produites par la matière même de la lave réduite en expansion. Il a exposé des laves compactes dans des fourneaux, avec un appareil pneumato-chimique. La lave, de compacte qu'elle était, est devenue scoriforme, et il n'y a eu aucun dégagement de fluides aériformes : d'où il a conclu que c'est la substance même de la lave qui a été volatilisée. Peut-être est-ce de l'eau contenue dans la lave.

On sait que tous les schistes exposés à une haute température, donnent des scories très-poreuses.

La conclusion qu'on doit tirer de ces faits, est que les substances volcaniques sont composées de substances de différentes natures.

Les unes sont produites par des substances des terrains primitifs : telles sont les laves porphyriques, téphriniques, hornblendiques....

Les autres le sont par les substances des terrains secondaires : telles sont certaines laves fontiformes, qui viennent de schistes recouvrant les bitumes.

De troisièmes proviennent de substances que nous ne connaissons pas dans nos montagnes : telles sont les laves leucitiques, oliviniques.

Les volcans rejettent avec la masse des laves un grand nombre de substances particulières, dont quelques-unes ne se trouvent pas dans d'autres terrains. Ces substances sont :

1. L'olivine, qui ne se trouve que dans les matières volcaniques.
2. La leucite.
3. La mélanite.
4. Le saphir.
5. La hanyne.

6. La ceylanite,
7. La sommite, et le pseudo-sommite.
8. La semeline.
9. La natrolite.
10. L'analcime.
11. La stilbite se trouve le plus souvent dans les matières volcaniques : cependant on en trouve ailleurs.
12. La zéolite.
13. La mélilite.
14. Le fer spéculaire volcanique.
15. La rubine d'arsenic.
16. L'augite.
17. Le soufre.
18. Le sel ammoniac a été très-abondant dans les dernières éruptions du Vésuve.
19. Le sel marin, ou muriate de natron.
20. Le natron.
21. La meionite.
22. L'hyacinthine.
23. Le grenat.
24. Le feldspath.
-
25. La *domite*.

Il est quelques substances volcaniques, dont la nature n'est pas encore déterminée, telle que la *domite*. Les Allemands ont donné ce nom à la substance volcanique qui paraît faire la base du Puy-de-Dôme.

Je regarde cette *domite* comme une variété des laves pétrosiliceuses.

Salmon pense que les vapeurs aqueuses ont eu une grande influence dans la formation de la *domite*.

DES LAVES PRISMATIQUES.

Une des choses qui étonne le plus celui qui voyage pour la première fois dans les contrées volcaniques, est l'aspect de ces grandes colonnades basaltiques; aussi, dans plusieurs endroits, les a-t-on regardées comme un ouvrage de l'art, et on les attribue aux géans: on leur a donné en conséquence le nom de *Chaussée des géans*.

Ces colonnes sont des prismes, qui ont un plus ou moins grand nombre d'angles, trois, quatre, cinq, six, sept et huit, et quelquefois neuf... Leur diamètre et leur hauteur varient également. Elles sont ordinairement en grand nombre. Une des plus belles chaussées basaltiques qu'on connaisse, est celle de la grotte *Fingal* dans l'île de Staffa. Il y a des prismes qui ont jusqu'à quatre pieds et demi de diamètre, et soixante-six pieds de hauteur, et ces prismes y sont dans un nombre incalculable. La plupart des volcans éteints présentent une multitude de colonnes prismatiques, comme on le voit dans les volcans des Cévennes, dans ceux d'Irlande, à Autrin, dans ceux d'Allemagne... Ces prismes ne sont pas d'une seule pièce.

Mais ces colonnes basaltiques sont beaucoup plus rares dans les volcans en activité: et celles qu'on y trouve sont en général d'une petite dimension.

Ces prismes basaltiques ont le plus souvent les angles très-vifs, et assez réguliers. J'ai un morceau d'un prisme pentagone, dont le diamètre est de 9 pouces. Chacun de ses angles est sensiblement de 103 degrés comme dans le pentagone régulier. Cependant cette régularité des angles ne se soutient pas constamment tout le long du prisme, et même ils sont irréguliers dans la plupart des prismes.

Quelques-uns de ces prismes sont composés de parties emboîtées et articulées, comme ceux de certaines aiguës marines : c'est-à-dire qu'une de ces extrémités est arrondie, et s'engraine dans l'autre extrémité qui est concave.

Il s'est élevé parmi les minéralogistes deux grandes questions sur ces prismes basaltiques.

1°. La première est de savoir s'ils sont un produit du feu ou de l'eau.

2°. La seconde est de savoir si la figure de ces prismes est une véritable cristallisation, ou un simple retrait.

Nous allons examiner chacune de ces questions, et d'abord la première.

La plus grande partie des naturalistes a regardé la lave compacte prismatique, ou non prismatique, comme un produit du feu; on a donné en conséquence à ces savans le nom de *vulcanistes*.

Mais plusieurs minéralogistes ont adopté une opinion différente. Ils distinguent deux espèces de laves ou basaltes : la lave incandescente qui a coulé des volcans, et le basalte, ou la lave qui n'a pas coulé. Cette substance, ajoutent-ils, a été remaniée par les eaux, et s'est ensuite déposée sous forme prismatique, en colonnes plus ou moins élevées. Cette opinion a été embrassée par Bergman, Guethard, et plusieurs célèbres naturalistes Allemands, tels que Werner... On les a, en conséquence appelés *neptuniens*.

Bergman appuyait son opinion sur la ressemblance qu'il avait observée entre des basaltes prismatiques, et des trapps, qu'on ne pouvait supposer des produits volcaniques. L'analyse de ces deux substances lui a d'ailleurs donné les mêmes produits.

Je répondrai à cet illustre chimiste que certaines laves qu'on ne peut nier être volcaniques, puisqu'on les a vu couler, ont

une telle ressemblance avec ces espèces de trapps, qu'on ne peut les en distinguer. Dolomieu, si exercé à reconnaître les substances volcaniques, en convenait lui même. On ne peut assurer si elles sont volcaniques ou non, qu'en voyant le lieu ou on les a prises.

Quant à l'analyse de ces deux espèces de substances, qu'avait faite Bergman, on sait que de son tems la chimie n'était pas assez avancée pour pouvoir aujourd'hui les regarder comme exactes.

On demanderait encore à Bergman quels seraient les agens qui auraient pu faire dissoudre ces substances dans les eaux, et ensuite les y précipiter sous forme de prismes à peu près réguliers, d'un diamètre de trois à quatre pieds, et d'une hauteur de soixante à soixante-dix pieds.

Werner a ajouté de nouvelles preuves à celles de Bergman. Il les tire principalement de la position géologique des colonnades basaltiques; quelques-unes de ces colonnes, dit-il, sont posées sur des substances qui ne portent aucun indice qu'elles aient été altérées par l'action de la chaleur; et si on supposait que la matière de ces colonnes a coulé comme une lave incandescente, la chaleur de masses aussi volumineuses aurait été si considérable qu'elle eut certainement altéré ces matières sur lesquelles elles reposent. « L'énorme plateau basaltique de » Meisner repose sur une argile imprégnée de beaucoup de » bitume. » (1). Le docteur Reuss dit qu'en Bohême on exploite » des houilles qui sont par couches dans des basaltes. Aux » îles Ferroë on voit des exemples d'un pareil gissement. Dans » la partie N. E. de l'île de Mulle, dit Jamesson, nous remar- » quons une couche de houille de douze pouces d'épaisseur

(1) Daubuisson, *Mémoire sur les basaltes de la Saxe*, pag. 134.

Le toit et le mur étaient une basalte (*ibid.* p. 91). Enfin on ne remarque aucune altération dans les roches sur lesquelles reposent les basaltes de l'Allemagne...

Nous pouvons donner des réponses sasisfaisantes à toutes ces objections. On n'observe également aucune altération sensible dans les matières sur lesquelles reposent les laves que nous voyons couler. C'est un fait incontestable.

L'explication de ce singulier phénomène est fournie par les belles expériences de Hall. Il a exposé de la craie et d'autres substances à un assez haut degré de chaleur, dans des appareils où il pouvait exercer sur elles de fortes compressions; ces substances ont conservé leur état pierreux ou bitumineux. La même chose a lieu par l'effet des laves coulantes. Elles communiquent, à la vérité, un assez haut degré de chaleur, mais elles exercent en même tems une forte compression. Leur refroidissement est fort lent: elles passent à l'état pierreux. *Les substances sur lesquelles elles reposent ont pu de même être altérées dans les premiers momens; mais elles ont recouré leur premier état.*

La seconde difficulté que présentent les colonnades basaltiques, est de savoir si elles sont le produit d'une véritable cristallisation, ou simplement l'effet d'un retrait opéré par le refroidissement de la lave incandescente.

Tout prouve qu'elles ne sont point le produit d'une véritable cristallisation; car ni les prismes, ni les angles n'ont la régularité que donne une vraie cristallisation. On doit donc les regarder comme l'effet d'un retrait opéré par le refroidissement.

Des couches de plâtre de Montmartre... dans la haute masse de cinquante-deux pieds d'épaisseur, présentent de pareils prismes, lesquels ne sont bien certainement que les effets d'un retrait. Des argiles chauffées présentent aussi quelquefois des formes prismatiques assez régulières...

On ne doit donc point regarder les prismes basaltiques comme les produits d'une cristallisation régulière, mais *comme les effets d'un retrait, qui n'acquiert cette espèce de régularité que par la tendance générale qu'a la matière à cristalliser.*

DE LA DÉVITRIFICATION DES SUBSTANCES VOLCANIQUES.

La plus grande partie des substances volcaniques a coulé en torrens plus ou moins étendus, plus ou moins considérables : (il faut en excepter les lapillo, les cendres...). Quelques-uns de ces torrens ont une liquidité presque aqueuse, tel est celui qui eut lieu à l'île de Bourbon.

La lave avait une fluidité aqueuse, dit Huber (1) : d'autres n'ont qu'une liquidité pâteuse, et coulent comme du miel (*ibidem*).

Quelques-unes de ces laves conservent leur caractère vitreux, et forment les verres volcaniques, les laves vitreuses, les laves résiniformes... mais en général elles sont peu abondantes.

La plus grande partie de ces laves change au contraire de nature. Elles reprennent les caractères des vraies pierres, et on ne saurait croire qu'elles aient jamais pu couler, comme du verre. C'est cet état du verre passant à l'état pierreux, qu'on a appelé DÉVITRIFICATION.

On avait observé que le verre qui demeurait au fond des creusets, dans les manufactures de verrerie, devenait, en se refroidissant, opaque : ce qu'on appelait *porcelaine de Réaumur*.

(1) *Journal de Physique*, tom. 59, pag. 224.

Keir et *Pajot* avaient même observé des cristaux qui s'étaient formés dans ces masses vitreuses devenues opaques. Ils ont la figure d'un prisme hexagone (1).

Hall a répété ces observations, et il a fait, à cet égard, des expériences dont les résultats sont du plus grand intérêt. Il a enfermé dans des tubes de porcelaine, dans des canons de fusil, exposés à un grand degré de chaleur... différentes substances, telles que de la craie... et a arrangé son appareil de manière que les gaz ne pouvaient se dégager. Ils étaient retenus par la compression. L'appareil refroidi, ces substances qu'on ne peut douter avoir été fondues étaient changées en véritables pierres calcaires.

Ces expériences, répétées par d'autres physiciens, ont donné constamment les mêmes résultats.

D'un autre côté on voit des courans immenses de laves très-fluides, qu'on a vu couler, devenir, par le refroidissement, des laves qui ont entièrement l'apparence des pierres chauffées, mais non-fondues.

On en a conclu qu'elles n'avaient passé à cet état que par une véritable *dévitrification* : et on ne saurait se refuser à cette conséquence.

Fleuriau de Bellevue a fait, à cet égard, des observations précieuses qui se trouvent dans le *Journal de Physique*, tome 60, page 409. Dans une verrerie proche la Rochelle, le verre était en fusion, et prêt à faire des bouteilles. Des événemens de la guerre mirent en fuite les ouvriers... Plusieurs mois après le propriétaire revint examiner l'état des choses. Il fut très-surpris de trouver dans les pots, au lieu de verre, des substances pier-

(1) *Journal de Physique*, tom. 20.

reuses, fibreuses, et presque analogues à la trémolite... : c'était du verre dévitrifié.

J'ai observé plusieurs fois les mêmes phénomènes dans la verrerie de bouteilles, à Sèvres, proche Paris. Les résidus du verre qui demeure au fond des pots cassés, et qu'on rejette, sont changés en une matière pierreuse si dure, qu'on a de la peine à les casser avec de gros marteaux.

DE L'ORIGINE DES SUBSTANCES CRISTALLISÉES QUI SE TROUVENT DANS LES MATIÈRES VOL- CANIQUES.

On trouve, dans la plupart des substances volcaniques, plusieurs cristaux, dont l'origine a été le sujet de discussions assez vives. Les géologues ne sont pas d'accord à cet égard.

1°. Les uns prétendent que ces cristaux existaient antérieurement dans les substances, dont ont été formées les laves. Le feldspath, par exemple, paraît avoir préexisté dans les porphyres, dont sont composées les laves porphyriques; les cristaux de hornblende.... préexistent dans les roches hornblendiques...

2°. D'autres croient que la plus grande partie de ces cristaux est de formation nouvelle, et qu'ils se sont formés dans la lave, à l'instant où elle a passé de la liquidité à la solidité, soit dans l'intérieur du foyer volcanique, soit à l'extérieur.

3°. Quelques uns de ces cristaux paraissent formés par sublimation, comme le fer spéculaire, le soufre, la rubine....

4°. Quelques autres de ces cristaux paraissent formés par infiltration, telles que les zéolites, les stilbites...

5°. Plusieurs de ces cristaux vomis avec les laves paraissent n'avoir pas été altérés par l'action du feu, tels que le spath calcaire, le mica...

Nous allons examiner chacune de ces opinions.

QUELQUES SUBSTANCES CRISTALLISÉES, QUI SE TROUVENT DANS LES LAVES, ONT - ELLES ÉTÉ FORMÉES AVANT CES LAVES ?

Il ne paraît guères qu'on puisse douter que quelques-unes des substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, ne préexistassent avant la formation de la lave. Le feldspath, par exemple, des laves porphyriques paraît bien antérieur à la fusion de la lave. Il a lui-même éprouvé une altération assez considérable, pour qu'on le distingue facilement d'un feldspath d'un porphyre qui n'a pas été chauffé : il est fendillé, et a un éclat presque *vitreux*.

L'hornblende paraît également avoir préexisté dans les laves hornblendiques...

On en peut dire autant de l'augite.

QUELQUES SUBSTANCES CRISTALLISÉES AVEC LES LAVES, PARAISSENT AVOIR ÉTÉ FORMÉES AVEC CES LAVES.

Plusieurs géologues pensent que différentes substances qu'on trouve cristallisées avec les laves, ont cristallisé dans la lave elle-même. « Quoiqu'on ne puisse douter, dit Salmon (1), » que les corps réguliers, dont il est question, naissent souvent » dans la lave même, on est généralement très-embarrassé pour » déterminer l'origine des cristaux que présente le basalte volcanique. Il est évident, dans une infinité de cas, que le feldspath, l'augite, l'hornblende, les zéolites, le mica ne sont

(1) *Journal de Physique*, tom. 48, pag. 434.

» que des corps enveloppés accidentellement dans ces basaltes.

» Dans d'autres, tout doit faire soupçonner qu'il y a eu réunion cristalline, *formation régulière, au sein de la lave même...*
» La lave, au fond du gouffre du volcan, recouverte par des couches épaisses de sa superficie, protégée par les parois du cône, a dû jouir de quelque liberté pour effectuer des cristallisations. La perte de l'eau et du calorique a été moins rapide. La liquéfaction s'est soutenue plus long-tems, et toutes les circonstances propres à une formation régulière, ont été infiniment plus favorables que lorsque la lave, s'écoulant des abîmes qui la recèlent, reçoit le contact de l'air, et chemine sur un sol froid et inégal. C'est ainsi qu'on peut expliquer, avec une singulière facilité, beaucoup de problèmes jusqu'ici très-obscurs, par la seule considération de la différence des époques ».

Il ajoute, pag. 411 : » L'objet de ces mémoires est rempli, si l'inspection, l'analyse extérieure démontrent, comme un fait, la co-existence de la fluidité du ciment avec celle des leucites, dans les basaltes de Borghetto, auprès de Rome. Je me trompe fort, ou *le phénomène est hors de toute incertitude.* ».

On voit que Salmon pense que les leucites et les laves qui les renferment, ont coulé en même tems, et ont cristallisé ensemble. Les leucites ont pu se former dans l'intérieur des volcans, ou hors du volcan.

Buch a embrassé la même opinion (1). Il l'appuie sur un fait constant. C'est qu'on observe, au milieu des cristaux de leucite,

(1) *Journal de Physique*, tome 49, pag. 262.

des portions de la lave qui les contient. Il se trouve même quelquefois des cristaux d'augite, au milieu des cristaux de leucite. « La formation de la leucite, ajoute-t-il, devait donc être » bien postérieure à celle de l'augite. Il paraît donc évident que » *les parties constituantes de la leucite se rassemblèrent, et sor-* » *tirent de la lave, pendant qu'elle coulait.* Comment concevoir » une préexistence de tant de millions de si petits cristaux, qu'à » peine on les reconnaît ». Les laves des dernières éruptions du Vésuve, contiennent une quantité prodigieuse de ces petites leucites presque imperceptibles.

On voit que Buch pense 1°. que les augites sont formées avec les laves ;

2°. Il pense également que les leucites sont formées avec les laves, mais postérieurement à l'augite.

Ces opinions de Salmon et de Buch, sur la formation de l'augite et de la leucite, au milieu des laves, me paraît conforme à tous les faits ; car j'ai des cristaux de leucite qui contiennent des fragmens considérables de lave. Il faut donc que cette lave y ait été renfermée dans l'instant où ces cristaux se sont formés.

L'olivine doit également être regardée, ainsi que la leucite, comme formée dans la lave....

QUELQUES SUBSTANCES, CRISTALLISÉES AVEC LES LAVES, Y ONT ÉTÉ DÉPOSÉES PAR INFILTRATION.

On ne saurait guères douter que quelques-unes des substances cristallisées, qui se trouvent dans les laves, n'y aient été formées par infiltration. De l'eau, tenant ces substances en disso-

tion, a pénétré la lave poreuse, et les y a déposé dans de petites cavités, telles sont :

- 1°. La zéolite.
- 2°. L'analcime.
- 3°. La stilbite.
- 4°. Le calcaire.
-

Les circonstances qui accompagnent ces cristaux, ne laissent aucun doute sur leur formation par infiltration.

QUELQUES SUBSTANCES CRISTALLISÉES AVEC LES LAVES Y ONT ÉTÉ DÉPOSÉES PAR SUBLIMATION.

Plusieurs faits paraissent prouver que divers cristaux qui se trouvent dans des laves, y ont été sublimés par la chaleur. Tels sont :

- 1°. Le soufre.
- 2°. La rubine d'arsenic.
- 3°. Le sel ammoniac.
- 4°. Du sel marin.
- 5°. Le fer spéculaire volcanique. Delarbre et Quinquet sont même parvenus à sublimer du fer dans des fourneaux de chimie (1).
- 6°. L'augite, dans quelques circonstances.

« Dans des courans de laves, dit Breislak (*Voyage dans la*
 » *Campanie*, tom. 1, pag. 276), la calorique a une telle in-
 » tensité, qu'il volatilise les substances les plus dures. Quand
 » celle de 1794 entra dans l'église de la Torre, elle y forma

(1) *Journ. de Phys.*, année 1786.

» des cristaux de pyroxène (augite) par sublimation ; et
 » Thompson en trouva, quelque tems après, des capillaires
 » sur les débris des murs qu'elle avait enveloppés. »

QUELQUES-UNES DES SUBSTANCES CRISTALLISÉES VOMIES PAR LES VOLCANS, N'EN ONT SUBI AU- CUNE ALTÉRATION.

Plusieurs substances cristallisées, rejetées par les volcans, paraissent n'avoir subi aucune altération de la part des feux souterrains. Le Vésuve, par exemple, rejette des pierres calcaires qui n'ont point été altérées par la chaleur. Plusieurs des substances cristallisées qu'il rejette sont également intactes. Telles sont :

1°. L'hyacinthine, ou vésuviène.

2°. Le meionite.

3°. La sommite.

4°. La ceylanite.

5°. Quelques micas.

6°. La mélilite.

7°. La hanyne.

8°. La semeline.

9°. Les saphirs qui se trouvent dans le ruisseau d'Expaili, dans les sables d'Andernach....., ne paraissent avoir subi aucune altération par le feu...

Les conséquences qu'on doit tirer de tous les faits que nous venons de rapporter, sont les suivantes :

1°. Plusieurs des substances cristallisées qui sont rejetées par les volcans, n'ont point été altérées par l'action des feux souterrains, et par conséquent sont antérieures aux éruptions volcaniques. Telles sont :

a. L'hyacinthine et la meionite.

b. La sommite.

.

2°. Plusieurs des substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, y ont été formées par des infiltrations postérieures. Telles sont :

a. La mésotype.

b. L'analcime.

c. Quelques stilbites.

d. La natrolite.

e. Le spath calcaire.

.

3°. Plusieurs des substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, y ont été formées par sublimation. Telles sont :

a. La rubine d'arsenic.

b. Le fer spéculaire volcanique.

c. Le soufre.

d. L'ammoniac.

e. Le sel marin.

f. Quelques cristaux d'augite.

.

4°. Plusieurs des substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, y ont été formées par cristallisation. Telles sont :

a. Quelques leucites.

b. L'olivine.

c. L'augite.

.

5. Plusieurs des substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, préexistaient dans les matières qui ont formé ces laves. Telles sont :

a. Le feldspath des laves porphyriques.

b. L'hornblende.

.

Mais la matière première des substances de ces cristaux formés dans les laves, soit par sublimation, soit par cristallisation... devait exister dans la lave elle même. Il s'agit de savoir de quelle manière elle y existait. Elle pouvait y être sous trois formes.

1°. On peut dire que les substances dont sont formées les laves, contenaient, avant que d'avoir subi l'action des feux souterrains, des zéolites, des stilbites, du fer spéculaire, du soufre, du sel marin, des leucites, des augites, de l'olivine... Que toutes ces substances ont été fondues ensemble, mélangées, et ensuite se sont séparées de nouveau par les lois des affinités.

Supposons par exemple qu'un chimiste mélangea toutes ces substances, et les fit fondre comme les laves. Ces diverses substances se sépareraient-elles pour cristalliser, lorsque la matière se refroidirait ?

2°. On peut dire que ces laves ont été composées d'une substance quelconque : que cette substance étant fondue, les divers principes qui la composaient ont pu se séparer par la loi des affinités, et former divers cristaux particuliers.

Nous avons vu que la même chose a lieu dans la formation des granits, des porphyres... par la voie aqueuse.

Lorsque toutes les diverses substances, qui forment ces roches, sont mélangées et cristallisent, elles forment des substances homogènes, telles que des lydiennes, des cornéennes...

Si la cristallisation est un peu plus lente, on commence à distinguer dans ces lydiennes, des élémens de feldspath.

La cristallisation est-elle encore plus lente, on a des porphyres et porphyroïdes, dans lesquels les cristaux de feldspath

sont plus ou moins nombreux, plus ou moins volumineux. Il s'y trouve aussi quelquefois des cristaux de hornblende, de quartz et de quelques autres substances.

Enfin, lorsque la cristallisation s'opère encore plus tranquillement, on a les granits et granitoïdes, composés de feldspath, de quartz, de mica, de hornblende... cristallisés séparément en cristaux plus ou moins prononcés.

On y trouve quelquefois des cristaux de grenats, des tourmalines... de la stéatite, du mica.

On peut dire également que la matière première qui a formé les laves, quoique homogène en apparence, contenait tous les élémens des divers cristaux qu'on retrouve dans ces laves, comme la matière homogène qui a formé les porphyres, les granits, les schistes micacés... contenait tous les élémens de ces diverses roches.

3°. On peut encore dire que quelques-unes des substances qu'on trouve dans les laves, y existaient primitivement sous forme cristalline, et qu'elles n'ont été que peu altérées par l'action du feu.

DE L'ACTIVITÉ DES FEUX VOLCANIQUES.

Les physiéiens ne sont point d'accord sur l'activité des feux souterrains; mais avant que de prononcer sur cette question, présentons les faits.

Les feux souterrains réduisent en fusion des masses immenses de laves, qui, vomies par les volcans, coulent pendant plusieurs jours comme des torrens enflammés. Quelques-unes conservent leur chaleur pendant plusieurs années.

Le courant des laves de l'Etna, qui en 1669 renversa Catane, avait une étendue immense.

Il y eut en 1783, un courant de laves en Islande, qui parcourut quatre-vingt-quatorze milles en longueur, et couvrit un espace de cinquante milles en largeur (Spallanzani, tome 3 de ses voyages). Quel degré de chaleur ne faut-il pas pour réduire en fusion des masses aussi considérables !

Ces laves conservent quelquefois leur chaleur pendant plusieurs années. Celle de l'Etna de 1614, coula pendant dix ans, suivant le rapport des observateurs, et ne parcourut que deux milles.

Il y a de ces courans de laves qui sont liquides comme de l'eau : tel fut le courant de 1786, dans l'île Bourbon, suivant le rapport de Hubert (1).

Tous ces faits, et une multitude d'autres analogues, ne permettent pas de douter qu'il n'y ait de grands degrés de chaleur dans l'intérieur des volcans.

Cependant plusieurs physiciens sont d'un avis contraire, et ils apportent d'autres faits pour appuyer leur opinion.

On trouve au milieu de ces laves si ardentes, dit-on, des substances très-fusibles, telles que des augites, des hornblendes, des zéolites, des stilbites, des analcimes... Comment ces substances n'auraient-elles pas été réduites en fusion, si la chaleur des laves était aussi considérable qu'on le prétend ?

Il me semble qu'on peut fournir des réponses satisfaisantes à cette objection, et expliquer les faits que nous venons de rapporter.

1°. Plusieurs de ces cristaux trouvés dans les laves, sont postérieurs au refroidissement de la lave ; tels sont les zéolites, les analcimes, les stilbites... Ils paraissent avoir été produits

(1) Borry de Saint-Vincent.

par infiltration. Des eaux, tenant en dissolution ces substances, ainsi que des calcaires, filtrent au travers de ces laves, et les déposent dans leurs cavités.

2°. Quelques autres de ces cristaux qu'on trouve dans quelques laves, paraissent y avoir été déposés par sublimation, ainsi que le fer spéculaire volcanique, le soufre...

3°. Quand aux olivines, aux leucites... on pourrait peut-être dire également qu'ils sont les produits d'une sublimation, ou d'une infiltration : mais on peut peut-être dire avec plus de vraisemblance, qu'ils ont été formés dans la masse de la lave par cristallisation.

4°. Le feldspath, la hornblende... préexistaient dans les substances qui ont formé ces espèces de laves.

Enfin, il serait possible que quelques-uns de ces cristaux, se trouvant avec la lave au moment de son refroidissement, échappassent à la fusion. Il est prouvé que le Vésuve rejette beaucoup de substances telles que du calcaire, des hyacinthines. qui n'ont point été altérées par la chaleur. Ces substances ont seulement été détachées par la secousse.

Quant au degré de chaleur que des courans de laves conservent un tems plus ou moins considérable, il est dû à plusieurs causes.

a. A la masse énorme du courant.

b. Les laves sont de mauvais conducteurs de la chaleur ; elles la conserveront donc long-tems.

c. La plupart des coulées basaltiques se refroidissent assez promptement. Il y a donc eu, dans cette lave de 1614, des circonstances particulières qu'il faudrait connaître.

d. Enfin, on doit avouer que la cause de ce phénomène n'est pas encore bien connue... Je suppose qu'elle est un effet de l'action galvanique.

DE LA PROFONDEUR DES FOYERS VOLCANIQUES.

Tous les observateurs rapportent qu'on voit, à une assez petite profondeur dans les cratères des volcans en activité, les matières en fusion bouillonner. Mais celles-ci ne sont que la surface du vaste creuset, si on peut se servir de ce terme, où sont contenues toutes ces substances. Leur foyer doit être sans doute à de plus grandes profondeurs. On n'a aucun fait positif pour déterminer cette profondeur véritable. En conséquence, on a été forcé de s'en rapporter à des analogies.

Les uns ont supposé que le foyer de l'incendie est dans la masse même de la montagne volcanique, par conséquent à une assez petite profondeur.

Les autres n'ont pas craint de le supposer à peu près au centre de la terre, ou à de grandes profondeurs, tels que Kircher.....

Enfin des troisièmes, prenant un terme moyen entre ces deux hypothèses, l'ont placé plus ou moins près de la surface de la terre, plus ou moins près de son centre.

On doit avouer qu'on n'a, sur toutes ces hypothèses, que des analogies.

Mais rapportons les faits avant que de discuter chacune de ces opinions.

Le Vésuve, en 1631, absorba une partie des eaux de la mer du golfe de Naples, et les revomit toutes bouillantes.

Le volcan de la Jamaïque, en 1692, absorba également les eaux de la mer, et les revomit...

Plusieurs autres volcans ont présenté les mêmes phénomènes.

Il est donc certain que le foyer de ces divers volcans n'est pas dans les montagnes même volcaniques, mais qu'il est au-dessous du niveau des eaux des mers.

On a des observations qui prouvent que les volcans sousmarins sont à une certaine profondeur.

Dans l'éruption de 1720, qui fit sortir auprès de Tercere une île du milieu des eaux de la mer, un capitaine de vaisseau s'approcha de cette nouvelle île : il fila la sonde à soixante brasses, sans trouver de fond, ce qui indique qu'il était encore à une plus grande profondeur.

Pennant dit que l'endroit de la mer d'où, en 1784, sortit une petite île auprès de l'Islande, avait cent brasses de profondeur.

Les foyers volcaniques peuvent même être à différentes profondeurs dans le même volcan : et la cause s'en conçoit facilement, parce que ces foyers peuvent être dans différens strates, dont la profondeur variera.

La profondeur des volcans sousmarins doit varier également. Leurs foyers peuvent se trouver à différentes profondeurs dans différens strates superposés les uns au-dessus des autres. Nous avons vu que Franklin est descendu à Whitheaven dans des mines de charbon situées à huit cents brasses au-dessous du niveau de la mer : et il assure qu'il y en a encore de plus profondes.

Il est donc très-possible qu'il y ait des volcans, soit terrestres, soit sousmarins, dont les foyers soient à plus de huit cents brasses au-dessous du niveau de la mer. Il me paraît assez vraisemblable que quelques-uns sont encore plus profonds. Celui qui, en 1755, produisit de si grands désastres à Lisbonne, et dont les commotions s'étendirent à de si grandes distances, devait avoir une grande profondeur.

D'ailleurs on ne saurait se refuser aux analogies, qui disent qu'il y a des pyrites et des substances métalliques jusques dans les parties les plus intérieures du globe. Or, ces pyrites peuvent produire une chaleur suffisante jusqu'à une grande profondeur inconnue.

Mais pourrait-on supposer des volcans dont les foyers seraient à une profondeur de deux cents, de trois cents lieues, et même davantage, et pourraient s'étendre jusqu'au centre de la terre? On supposerait, par exemple, à ces grandes profondeurs des masses immenses de pyrites en décomposition. Ces pyrites brûleraient tranquillement; mais l'eau de la surface du globe, qui pénètre peu à peu dans son intérieur, tomberait quelquefois dans ces amas brûlans. Elle serait réduite en expansion, causerait explosion, secoues, tremblemens de terre.... Les matières en fusion seraient soulevées. Il se formerait des cratères le long des fentes qui viennent de la surface du globe, et on aurait ainsi de longues cheminées, qui pourraient avoir jusqu'à douze à quatorze cents lieues.

Beccher a avancé une opinion analogue à celle-ci. « Dans le » centre de la terre, dit-il, il y a un grand vide rempli d'un » fluide, ou d'une vase sulfureuse et bitumineuse, dont s'é- » chappent des vapeurs, qui coopèrent à la formation des mi- » néraux (1) ».

Cette opinion rentre dans celles des Chaldéens, de Descartes... qui disaient que le centre de la terre était vide.

Elle a été reproduite dans ces derniers tems par plusieurs physiciens, tel que Kircher...

Il y aurait, dans cette hypothèse, un foyer commun de tous les volcans; différentes issues, qui seraient les cratères des volcans, communiqueraient à la surface de la terre. Les violentes secousses ébranlèrent une partie plus ou moins considérable des continens: elles pourraient même ébranler tout le globe; et, si elles étaient assez fortes, peut-être même le diviser en plusieurs portions, comme on suppose qu'a été divisée la planète

(1) *De arte et causis sub terraneorum.*

qui était entre Mars et Jupiter, et dont les débris ont formé les quatre petites planètes Cérés, Pallas, Junon et Vesta, nouvellement découvertes.

Enfin la plus grande partie des laves, venant de ce centre commun, seraient à peu près homogènes, et se ressembleraient en général. Elles ne diffèreraient principalement que par les substances étrangères qui s'y seraient jointes.

Tel est à peu près le système de Kesler, auquel on peut donner plus ou moins d'étendue (1).

Cette opinion a été présentée sous de nouvelles faces, et plus ou moins modifiées.

D'autres physiiciens, sans supposer qu'il y eût un foyer commun de tous les volcans, situé au centre de la terre, ont supposé que les foyers des volcans existans devait être à de grandes profondeurs, par exemple à deux cents, trois cents lieues... Dans cette hypothèse, il n'y aurait pas un seul foyer commun de tous les volcans du globe; mais il pourrait y avoir des foyers communs aux volcans d'une contrée. Ainsi on pourrait supposer un foyer commun à tous les volcans qui sont sur les bords de la Méditerranée.

Un foyer commun à tous les volcans du nord de l'Europe, l'Irlande, l'Ecosse, l'Islande...

Un foyer commun à tous les volcans de l'Océan atlantique, Madère, les Açores, les Canaries, Sainte-Hélène, Bourbon...

Un foyer commun pour les volcans des Antilles et des îles du golfe du Mexique...

Un foyer commun pour les volcans du Mexique

Un foyer commun pour les volcans du Pérou.

(1) Kesler, *Recherches sur l'origine de la surface de la terre, surtout des montagnes*; à Leipsick, 1787.

Le pic de Ténérife, l'Etna, et tous les volcans dont le grand cratère est élevé, ne vomissent plus de laves coulantes par ces cratères élevés ; ils rejettent seulement des cendres, des lapillo... La lave coulante se fraie un passage dans le flanc de la montagne, par de nouvelles bouches plus basses.

Toutes ces difficultés deviennent encore bien plus saillantes dans l'hypothèse qui place le foyer commun de tous les volcans dans le centre de la terre.

On doit conclure de tous ces faits que les foyers des volcans ne peuvent pas être à une grande profondeur. Je ne pense pas qu'on puisse les supposer à plus de quatre à cinq mille toises au-dessous du niveau des eaux de l'Océan : et même la plupart le sont vraisemblablement beaucoup moins.

D'ailleurs il faut ajouter à toutes ces considérations, que, suivant les probabilités, les phénomènes volcaniques paraissent avoir pour cause principale, l'action galvanique, qui s'exerce entre les divers *strates*, des différentes substances, dont le globe est composé, comme nous le prouverons. Ainsi le centre principal de quelques-unes de ces commotions pourrait être à d'assez grandes profondeurs.

Mais les foyers des volcans ordinaires ne sont pas aux mêmes profondeurs.

DE L'INTERMITTENCE D'ACTION DE QUELQUES VOLCANS.

Quelques volcans, tels que ceux de Vulcanello, de Stromboli... dans les îles Ponces, Oribasa, jettent continuellement des flammes, et lancent des cendres et des pierres plus ou moins volumineuses.

Mais le très-grand nombre de volcans ne jette des flammes qu'à des intervalles plus ou moins éloignés.

Le Vésuve a eu des intermittences de plusieurs siècles. Il paraît que , lors de l'éruption de 1631 , il avait été tranquille depuis de longues années , puisque son cratère était rempli de hautes forêts....

Le volcan de *Monte-Nuovo* n'a fait aucune éruption , depuis 1538.

Le volcan de Jorullo , qui a fait , en 1759 , une éruption si considérable , était tranquille depuis plusieurs siècles....

Il serait inutile d'accumuler un plus grand nombre de faits pour confirmer cette vérité....

Mais on en doit conclure que des volcans , que l'on croit éteints depuis long-tems , peuvent faire de nouvelles éruptions. Ainsi les volcans éteints d'Allemagne , d'Italie , de France , d'Irlande... peuvent recouvrer de l'activité....

DES COMMUNICATIONS DES FOYERS DES VOLCANS

Tous ces volcans , si nombreux à la surface du globe , ont-ils des communications entr'eux ?

Il paraît qu'il y a réellement une communication entre plusieurs volcans. Le Vésuve et la Solfatare ont de si grands rapports , qu'on ne saurait guères douter que leurs foyers se communiquent. Toutes les fois que les feux du Vésuve augmentent , les fumées de la Solfatare augmentent également ; car , depuis un siècle , elle ne jette plus de flammes.

Quelques volcans des îles Ponces sont dans le même cas. On a même cru remarquer que leurs explosions ont quelques rapports avec celles de l'Etna. Mais les observations ne sont pas assez constatées , pour qu'on puisse en conclure que les foyers de l'Etna ont quelques communications avec ceux des îles Lipari.

Le tremblement de terre qui arriva à Lisbonne , le 1^{er}. no-

vembre 1755 , s'étendit à des distances immenses ; tout le Portugal fut ébranlé : plusieurs montagnes s'entr'ouvrirent , et versèrent des quantités plus ou moins considérables d'eau , qui produisirent des inondations.

Cadix , Gibraltar , Grenade , Séville , Madrid , la Corogne.. éprouvèrent des mouvemens plus ou moins violens.

Différentes villes de la Barbarie , telles que Maroc , Méquinez , Tanger... furent agitées. La mer s'éleva beaucoup sur ces côtes.

La même chose eut lieu à Madère. La mer s'y éleva considérablement , et se retira ensuite de manière à découvrir des roches qu'on ignorait.

Toutes les parties méridionales de la France furent agitées.

Milan , et plusieurs villes d'Italie , éprouvèrent des secousses le même jour.

Le lac de Genève , et plusieurs lacs de la Suisse , éprouvèrent des mouvemens considérables. Leurs eaux furent soulevées , agitées....

L'agitation se fit encore sentir en Bavière , en Souabe , en Franconie , en Hollande.... On y éprouva différentes secousses.

Des secousses se firent également sentir , le même jour , sur les côtes d'Angleterre , de Norwège , de Suède , en Islande , et jusques dans le Groenland.

On éprouva , dans différentes parties de l'Europe , pendant plus de six mois , des secousses plus ou moins fortes. (1)

Tous ces faits prouvent que , le même jour , il y eut un ébranlement dans toutes les parties de l'Europe , une partie de l'Afrique , et jusqu'à Madère. Mais ce ne sont que des secousses

(1) *Collection académique* , tom. 6.

galvaniques, qui s'opèrent à des distances considérables, même par dessous les mers.

Mais aucun de ces faits ne prouve qu'il y ait de communication réelle entre les foyers des volcans. On peut seulement le soupçonner.

COMMENT LES FEUX VOLCANIQUES BRULENT-ILS SANS COMMUNICATION AVEC L'AIR.

Il est bien reconnu aujourd'hui qu'il ne peut y avoir de combustion sans le concours de l'air pur, ou gaz oxygène. C'est pourquoi les combustions ordinaires n'ont lieu que lorsqu'il y a communication avec l'air atmosphérique. Mais on peut opérer des combustions dans les lieux où l'air atmosphérique ne communique pas, si on fournit des matières desquelles il puisse se dégager de l'air pur, ou gaz oxygène. C'est ainsi qu'on brûle le soufre, dans les chambres de plomb, en le mélangeant avec du nitre, qui fournit l'air pur.

Il paraît difficile qu'il y ait, dans l'intérieur des volcans, surtout des volcans sous-marins, la quantité d'air pur suffisante pour entretenir de pareils incendies. Peut-on dire que cet air est fourni par la décomposition de l'eau, ou d'autres substances?... Ou, peut-on dire qu'il n'y a point d'inflammation? Telle est la question qui se présente.

De savans naturalistes, frappés de la force de ces difficultés, ont supposé qu'il n'y avait réellement point de combustion dans l'intérieur des volcans. « Je ne sais, dit Bertrand, s'il y a toujours du feu ou de la flamme dans les foyers des volcans, et si » une simple effervescence ne peut, dans certaines rencontres, produire quelques-uns de ces effets ». (*Mémoires sur les Tremblemens de Terre*, page 76).

« N'est-il pas possible, dit Dolomieu (*Journal de Physique*, tome 45), que, dans l'intérieur du volcan, il y ait
» seulement effervescence, chaleur et dégagement des fluides
» élastiques sans combustion, comme dans l'intérieur d'une
» cornue, lorsqu'on a distillé des matières combustibles, sans
» accès de leur extérieur? et ces fluides élastiques ne s'enflam-
» meraient que lorsqu'ils ont le contact de l'air extérieur. Il en
» serait de même du soufre, des bitumes... Ensorte qu'il n'y
» aurait aucune combustion dans l'intérieur des volcans. Les
» matières qui seraient dans ce foyer, pourraient néanmoins
» être échauffées jusqu'à l'incandescence et à la fusion... comme
» elles le sont dans la cornue dont nous parlons ».

La chose, sans doute, serait très-possible, et peut avoir lieu quelquefois. Le violent mouvement de toutes ces matières en effervescence peut produire une chaleur capable de les échauffer jusqu'à l'incandescence, et de les réduire en fusion; mais il n'est pas certain qu'il puisse y avoir une vraie combustion dans l'intérieur du volcan.

La chimie nous a cependant appris que plusieurs oxides métalliques, qui se trouvent dans l'intérieur de la terre, tels que ceux de magnèse... contiennent une grande quantité d'air pur qui se dégage facilement par la chaleur. Or, cet air serait suffisant dans certaines circonstances pour entretenir la combustion des matières inflammables qui se trouvent dans ces souterrains.

De célèbres physiciens de Hollande, *Deman*, *Paest Vantroswicte*, *Bondt*, *Niewlands*, *van Lawremburg*, viennent de faire une expérience qui prouve que la combustion peut avoir lieu sans le concours de l'air extérieur. Ils ont fait des mélanges analogues à la nature des pyrites, c'est-à-dire qu'ils ont mélangé du soufre en poudre avec des limailles des différens métaux, tantôt avec celle du cuivre, tantôt avec celle du fer,

avec celles du cuivre, du zinc, de l'étain, du plomb, de l'argent... Ils ont chauffé légèrement chacun de ces mélanges dans des vaisseaux parfaitement clos, qui n'avaient aucune communication avec l'air extérieur, et chacun d'eux s'est enflammé (1).

L'inflammation a eu lieu également dans des vaisseaux à l'appareil au mercure, sans l'accès d'aucune espèce d'air.

Ils ont eu soin que les matières qu'ils mélangeaient fussent sans humidité.

Or, tous ces mélanges sont des pyrites artificielles.

Les pyrites naturelles que nous avons vu s'enflammer avec tant de facilité, sont composées de soufre et de fer; elles contiennent quelquefois du cuivre, de la manganèse... Elles pourront donc s'enflammer également dans l'intérieur de la terre, sans l'accès d'aucune espèce d'air. Ces expériences des chimistes Hollandais confirment de plus en plus que dans l'expérience de Lemery, que nous avons rapportée, il y a vraiment inflammation, comme il l'avait avancé.

Nous savons encore que dans la fameuse expérience, où on fait passer de l'eau à travers un tube de fer incandescent, tel qu'un canon de fusil, il y a réellement les mêmes effets que dans la combustion. Car un charbon mis dans le tube y est consumé: le fer et d'autres métaux y sont calcinés... Le fait est constant, de quelque manière qu'on l'explique, ou par la décomposition de l'eau, ou par l'air contenu dans cette eau.

Or, dans tous les volcans, il y a de l'eau; la combustion par conséquent, pourrait s'y opérer sans communication avec l'air extérieur, comme elle s'opère dans le canon de fusil.

Les bitumes même brûlent dans l'eau. Ces feux grégeois, si

(1) *Journal de Physique*, année 1794.

fameux autrefois, étaient composés d'huiles minérales, combinées avec d'autres substances, peut-être même avec des oxides métalliques, surtout ceux de manganèse, ou avec du nitre. Ces mêmes substances peuvent donc brûler dans l'intérieur des volcans, soit souterrains, soit sousmarins.

Ces causes diverses peuvent donc entretenir l'inflammation des feux volcaniques, sans l'accès de l'air pur. Les sousmarins brûleront jusqu'à l'instant qu'une trop grande quantité d'eau ne les inondera pas entièrement : car il faut supposer que dans l'état ordinaire les eaux des mers n'y pénètrent pas, mais de tems à autres il se fait, dans les parois, des crevasses, par lesquelles les eaux peuvent se rendre dans le foyer de l'incendie : et alors il y a commotion, explosion... si les eaux y arrivent en trop grand volume, certainement elles éteindront le feu.

C'est peut-être cette cause qui a éteint une si grande quantité de volcans : car la plupart de ces volcans paraissent avoir été sousmarins, et ils sont loin des mers.

Néanmoins l'air extérieur doit pénétrer assez souvent dans l'intérieur des volcans qui ne sont pas sous les eaux. Car ordinairement il y a plusieurs soupiraux dans les cratères des volcans, et un grand nombre de fumaroles. La fumée s'échappe par toutes ces issues. Or, on ne peut guère douter, que tandis que les vapeurs sortent par quelques-uns de ces soupiraux, l'air extérieur ne se précipite d'un autre côté dans l'intérieur du volcan. Aussi, dans tous les grands cratères des volcans en activité, observe-t-on, lorsqu'ils sont à peu près tranquilles, une intermittence continuelle dans l'émission des fumées et des vapeurs. La matière bouillonnante s'entrouve comme une large fente. Les vapeurs et les fumées s'échappent ; souvent elles emportent des cendres, des lapillo, des pierres... La fente se referme : les mêmes effets recommencent un instant après, et se succèdent ainsi alternativement et sans interruption, jusqu'à ce

qu'il arrive de grandes éruptions... Ceci ne saurait guère avoir lieu sans que l'air extérieur ne soit absorbé par différens souterrains, ce qui doit établir des espèces de courans d'air dans l'intérieur du volcan.

On doit conclure de tous ces faits, que quoiqu'il ne soit pas impossible, que quelquefois il y ait de véritable combustion dans l'intérieur des volcans, cependant il ne paraît pas que ordinairement les matières combustibles y soient vraiment enflammées.

Car les observateurs qui ont pu approcher suffisamment des cratères volcaniques, pour voir dans l'intérieur, n'y ont point aperçu de flammes... Les substances y avaient seulement une couleur rouge comme celle du fer incandescent.

D'ailleurs il est certain que la combustion n'y est pas totale : car il se dégage toujours une portion des matières combustibles intactes, tel que le soufre si abondant dans tous les volcans, le pétrole...

Mais la même chose a lieu dans toutes les combustions ordinaires. Celle de l'huile laisse dégager une grande quantité de carbone intacte, et qu'on peut ramasser.

Au reste, il n'est pas nécessaire de supposer qu'il y ait toujours combustion dans l'intérieur des volcans, car nous verrons qu'ils sont ordinairement des effets de l'action galvanique, que les différens strates du globe exercent les uns sur les autres...

DE LA FORCE D'EXPLOSION DES VOLCANS.

La force immense que déploient les feux souterrains dans leurs explosions, doit être attribuée à quatre causes principales

a. A l'eau réduite en vapeurs.

b. Aux autres substances également réduites à l'état aérienne.

c. A l'air dilaté par la chaleur.

d. A l'action galvanique.

DE L'ACTION DE L'EAU, ET AUTRES SUBSTANCES RÉDUITES A L'ÉTAT AÉRIFORME.

Il se dégage des volcans beaucoup de vapeurs aqueuses, qui sont une des causes de leurs explosions.

L'eau versée sur un corps incandescent est réduite promptement en vapeurs, et fait une explosion plus ou moins considérable. Ces effets sont produits par sa dilatation subite, qui est très-considérable.

Mais cette vaporisation de l'eau exige le concours de l'air. Car Fontana a fait voir que si on veut distiller de l'eau dans un vase, qui ne communique que par une petite ouverture avec son récipient, qu'on peut supposer très-grand, la distillation n'a lieu qu'autant qu'on peut établir un courant d'air dans l'appareil.

Ceci explique un fait qui a toujours paru très-surprenant. Les verriers s'amuseut quelquefois à verser de l'eau sur la surface du creuset qui contient le verre incandescent. Cette eau bouillonne, roule sur la surface du verre, et ne s'évapore que très-lentement, au grand étonnement de tous les spectateurs. Ce phénomène est sans doute dû à la prodigieuse dilatation de l'air contenue dans le fourneau, ce qui le prive de sa faculté de concourir à l'évaporation.

Mais dès qu'il y a une communication libre de l'air, l'eau versée sur un corps incandescent entre en expansion : et il y a une vive explosion qui lance au loin tous les corps environnans.

De petits courans d'eau qui arriveraient dans le foyer d'un volcan en activité, où l'air serait extrêmement raréfié, pour-

raient donc ne pas plus causer d'explosion que l'eau versée sur le pot de verre incandescent.

Mais lorsque la montagne est ouverte, et qu'il y a une libre communication de l'air extérieur par le cratère, l'eau qui arrive dans l'intérieur du volcan est réduite, à l'ordinaire, en un fluide expansif : l'explosion se fait avec impétuosité ; et le volcan vomit d'abord différentes matières connues sous le nom de cendres, de lapillo, et quelquefois des pierres assez grosses. Eggert-Olafsen rapporte que le volcan de Kattlegiaa, en Islande, avait lancé, à la distance de quatre lieues, une pierre pesant deux cent quatre-vingt-dix livres (1).

Si le feu a beaucoup d'activité, tout ce qui se trouve exposé à son action est réduit en fusion plus ou moins complète. La force d'explosion pousse au-dehors cette masse fondue sous forme de laves, qui coulent comme des fleuves de matières enflammées.

Mais si le cratère ne correspond point directement au foyer actuellement en activité, ces vapeurs comprimées font des efforts prodigieux : elles produisent des bruits sourds et assez forts pour qu'on les compare à des décharges d'artillerie du plus gros calibre. C'est sans doute en enfilant avec violence des fentes, des crevasses ; les vents violens qui passent par des lieux resserrés produisent des effets analogues... Le terrain est ébranlé : enfin il se forme dans la montagne un nouveau cratère ; la lave coule de cette nouvelle bouche, et les ébranlemens cessent, parce que les vapeurs ont une issue libre.

Un grand nombre de faits prouve que ce sont les eaux qui contribuent le plus à ces terribles phénomènes.

La plupart des volcans sont auprès des mers : et dans le tems

(1) Troil, *Histoire d'Islande*.

des éruptions, ils en absorbent souvent les eaux. Lors de l'éruption du Vésuve de 1631, une partie des eaux du golfe de Naples fut absorbée : elles furent ensuite rejetées bouillantes, avec des substances du fond de la mer.

Dans un grand tremblement de terre, à la Jamaïque, en 1692, une partie des eaux de la mer fut absorbée, et revomit ensuite toute bouillante.

Eggert-Olafsen rapporte qu'après les éruptions des volcans d'Islande, les eaux qu'ils avaient rejetées avaient laissé sur terre des quantités considérables de sels, ce qui ne permet pas de douter que les eaux ne vissent de la mer.

Dolomieu a trouvé beaucoup de natron dans les cavités d'une lave de l'Etna, proche Bronte.

Dans les dernières éruptions du Vésuve, on a trouvé beaucoup de sel marin sublimé. Ce sel marin, ce natron... viennent des eaux de la mer.

La plupart des volcans éteints indiquent que lors de leurs éruptions ils étaient proche des mers.

La limagne d'Auvergne, située au pied du Puy-de-Dôme, et de tous les volcans de cette chaîne, est remplie de galets de la nature des laves de ces volcans.

On retrouve, dans un grand nombre d'endroits, des laves recouvertes par des couches calcaires coquillères. Il est vrai que ceci indique que ces volcans ont été sous marins.

Les poissons nombreux qu'on trouve au mont Bolca sont des poissons de mer.

Mais ce ne sont pas les seules eaux des mers qui influent dans les éruptions des volcans. Les eaux qui sont à la surface de la terre y concourent également.

« Le dessèchement soudain des petits lacs d'eau douce, des ruisseaux et des rivières, est encore un signe qui annonce

» une prochaine éruption » dit Troil, en parlant des volcans d'Islande ».

La grande quantité de jets d'eaux bouillantes qu'on observe en Islande, comme au Geyer, prouve assez combien l'eau a part à ces grands phénomènes.

On peut supposer avec fondement que ce furent les eaux du Tage qui, en 1755, tombèrent dans le foyer brûlant sous Lisbonne, et causèrent la terrible catastrophe de cette malheureuse cité.

Shaw rapporte que les tremblemens de terre, en Barbarie, n'arrivent ordinairement qu'un jour ou deux après les pluies.

Humboldt dit que le volcan de Tonguaragua, au Pérou, rejette des poissons qui se trouvent dans les eaux douces des environs.

Dans la plupart des éruptions des grands volcans, on observe que le cours des rivières est suspendu. Elles se perdent pendant quelque tems. C'est que leurs eaux tombent dans des fentes, des crevasses : elles vont se rendre dans le foyer de l'incendie, et contribuent à y produire ces terribles commotions.

Enfin les vapeurs qui se dégagent des cratères des volcans sont très-aqueuses.

Les volcans rejettent même de grandes quantités d'eau, ainsi que nous le dirons.

DE L'ACTION DE L'AIR.

Mais l'eau n'est pas la seule cause de ces grands phénomènes. Dans les éruptions ordinaires des volcans, il y a également un dégagement considérable de gaz. Ce dégagement est dû à plusieurs causes.

a. Il se dégage toujours une grande quantité de gaz des pyrites en efflorescence. La majeure partie est du gaz inflammable dont une portion doit être brûlée. Mais une autre portion s'échappe : elle s'enflamme quelquefois dans l'air, et contribue à former ces beaux jets de flamme qu'on aperçoit de tems à autre dans les éruptions volcaniques.

b. Mais indépendamment de cet air inflammable, il y a une portion d'acide carbonique.

c. L'air atmosphérique contenu dans l'intérieur du volcan, éprouve aussi une dilatation prodigieuse.

d. L'eau elle-même, réduite en ébullition et en vapeurs, laisse dégager une certaine quantité d'air.

Toutes ces causes fourniront donc une assez grande quantité de gaz dans les éruptions des volcans.

Ces gaz seront dilatés par la chaleur ; ils produiront une vive effervescence dans ces matières fondues et enflammées ; ils contribueront donc à produire tous les phénomènes dont nous venons de faire l'histoire.

DE L'ACTION DES AUTRES SUBSTANCES DE L'INTÉRIEUR DU VOLCAN, RÉDUITES A L'ÉTAT AÉRI-FORME.

Les substances qui composent la lave elle-même, peuvent également être réduites à l'état aériforme. Elles se gonflent se boursoufflent sans dégagement sensible des fluides aériformes. Spallanzani a mis dans des cornues des laves, des verres volcaniques réduites en poudre, et les a chauffées en appliquant l'appareil pneumatologique, pour recueillir les gaz ; la matière a fondu, s'est boursoufflée sans dégagement des fluides aériformes. Il a obtenu une matière poreuse semblable à la lave scoriforme, d'où il

a conclu que la matière elle-même de la lave a été réduite en vapeurs, ou fluides aériformes.

L'exposé de ces différens faits prouve qu'il y a plusieurs causes qui concourent à la production des grands phénomènes volcaniques.

1°. L'action de l'eau réduite en vapeurs.

2°. L'action des gaz divers qui sont dilatés par la chaleur.

3°. Enfin la vaporisation de la substance même de la lave.

4°. L'action galvanique.

Tous ces différens agens souleveront les substances volcaniques en fusion : elles seront élevées jusqu'au haut du cratère, comme l'est le verre qui est dans un creuset. Les cendres, les lapillos... seront rejettés, et enfin la lave s'épanchera, et coulera avec plus ou moins d'impétuosité.

Si on fait attention à la profondeur du foyer de plusieurs volcans, à la hauteur du pic où est situé le cratère principal, tel est celui du pic de ténérife, qui est à 1900 toises, celui de l'Etna, qui est à 1700 toises... On sentira qu'il ne faut pas moins que des agens aussi puissans pour soulever des colonnes liquides de ces matières incandescentes à la hauteur de mille, deux mille .. toises.

Aussi, dans les grands volcans, la lave s'échappe rarement par le cratère supérieur. Elle se fait le plus souvent jour dans le flanc de la montagne, et s'ouvre des cratères latéraux moins élevés.

On doit supposer, en général, que les volcans sousmarins exercent une action beaucoup plus puissante que ceux des continens, et on en aperçoit facilement la raison. L'explosion est toujours d'autant plus vive que la résistance est plus considérable : c'est pourquoi nos volcans des continens causent de violentes commotions jusqu'au moment où la lave s'est ouverte

une issue : et ceux dont le cratère est très-élevé en causent de plus vives que les autres. Or, les volcans sousmarins sont comprimés par une colonne d'eau plus ou moins considérable à raison de leur profondeur. Ils doivent donc, toutes choses égales d'ailleurs, produire des commotions plus violentes que ceux des continens.

D'ailleurs l'eau peut s'y introduire en une assez grande quantité.

DU SOULÈVEMENT DES MONTAGNES ET DE LEUR AFFAISSEMENT PAR L'EXPLOSION DES VOLCANS.

Les explosions des feux souterrains sont capables de produire des effets beaucoup plus considérables que ceux que nous venons d'exposer. Elles soulèvent quelquefois des montagnes entières et des îles, qu'on voit sortir du sein des mers. D'autres fois des terrains assez étendus sont engloutis. Ces phénomènes sans être bien communs ne sont cependant pas rares.

Pythagore rapporte qu'auprès de Trésène, il s'était élevé une montagne au milieu d'une plaine (*Ovid. Méthamorph.* liv. XV).

Platon raconte que dans la mer d'Egée, Rhodes, Delos, et onze autres îles s'élevèrent du sein des mer, après des secousses volcaniques.

Du tems de *Senèque*, on vit, après un violent tremblement de terre sortir du sein des ondes l'île de *Thérasine*, aujourd'hui Santorin.

Pline rapporte que peu de tems après, il sortit une autre île auprès de Santorin.

Des éruptions postérieures ont encore accru Santorin.

En 1707 cette île fut ébranlée par de nouveaux tremblemens de terre, pendant l'espace de deux mois, et il parût de nouvelles terres à quelques distances.

Tercère et les Açores ont présenté souvent les mêmes phénomènes.

En 1720 il y eut de violens tremblemens de terre à Tercère. Pendant cet intervalle de tems on vit à quelques distances sortir du sein des eaux plusieurs rochers couverts de pierres poncees, et il s'en élançait des torrens de flammes.

En 1721, les feux sousmarins soulevèrent auprès des Açores une île, d'où il sortait des flammes.

En 1783, après le tremblement de terre arrivé en Calabre, l'Hécla fit aussi sentir de fortes secousses, et on vit sortir du milieu des eaux une nouvelle île sur les côtes d'Islande.

En 1782, il y eut sur les côtes de Formose de violentes commotions sousmarines. Les flots furent soulevés avec tant de violence qu'ils traversèrent presque toute l'île.

En 1538, un tremblement de terre souleva une petite montagne près Pouzzol : on lui a donné le nom de *Monto-Dicinere*, *Montagne de Cendres*, parce qu'elle paraissait composée de cendres volcaniques.

Une éruption antérieure avait affaissée dans les mêmes cantons un terrain assez considérable, où s'était formé le lac Lucrin. L'éruption de 1538 combla en partie ce lac avec des cendres, des lapillos, des pierres...

En 1692, un violent tremblement de terre se fit sentir à la Jamaïque dans la partie de Port-Royal. La ville fut emportée, détruite et inondée par les eaux de la mer. « Du côté de » North, plus de mille acres de terre se sont enfoncées avec » tout ce qu'il y avait d'effets. Il ne reste pas une maison sûre.

» dans la presqu'île. Les deux grandes montagnes qui étaient
 » à l'entrée du port sont tombées dans un espace de seize milles
 » qui les séparaient, et s'étant jointes, elles ont arrêté le cours
 » de la rivière, qui est demeurée à sec pendant un jour en-
 » tier. du côté de Yellous une autre montagne s'est fendue,
 » et tombant sur les terres voisines, a couvert plusieurs éta-
 » blissemens, et détruit un grand nombre de colons.

» Le reste de l'île souffrit aussi beaucoup.

» Dans le quartier de clavadon, il s'ouvrit des abîmes et de
 » vastes lacs, à douze milles de la mer. Quoique la plupart se
 » soient séchés et fermés, il en demeure encore des traces.

» Une montagne proche du pont Morant a été tout à fait
 » engloutie, et la place qu'elle occupait n'offre aujourd'hui
 » qu'un grand lac large de quatre à cinq lieues.

» On est persuadé à la Jamaïque, que toutes les montagnes
 » de l'île sont un peu abaissées. (*Histoire des Voyages*,
 » tome XV).

Nous avons vu qu'en 1695, l'île de Forca disparut, et fut engloutie après un violent tremblement de terre.

Humboldt rapporte, qu'en l'an 1759, le volcan de Jorullo fit une explosion considérable accompagnée de flammes... après une longue intermittence. Une montagne de 500 pieds fut soulevée, et autour de celle-ci plusieurs autres plus petites.

Il serait inutile de rapporter un plus grand nombre de faits qu'on retrouve dans tous les recueils d'observations.

Ces phénomènes sont produits par les mêmes causes dont nous avons déjà parlé; l'action galvanique, celle de l'eau, réduite en vapeurs, et la dilatation des différens gaz... La force de ces agens est assez considérable pour soulever des montagnes, et en faire affaisser d'autres dans les cavernes volcani-

ques, ainsi que les terrains environnans. Des îles peuvent également être soulevées ou englouties.

Les commotions peuvent être assez violentes pour ébranler des continens entiers, comme l'a fait le tremblement de terre de 1755, arrivé à Lisbonne.

On conçoit facilement que des cavernes aussi immenses, que celles qui doivent exister sous les grandes montagnes volcaniques, s'affaisseront dans les violentes commotions souterraines : et si on peut être étonné de quelque chose, c'est que ces affaissemens soient aussi rares.

DES PLUIES QUI ACCOMPAGNENT LES ÉRUPTIONS VOLCANIQUES.

Des pluies abondantes accompagnent très-souvent les éruptions des volcans. Il est peu d'éruptions du Vésuve, par exemple, où il n'y ait de ces pluies copieuses que les Italiens ont nommées *Nilo d'acqua*, comme si c'était le Nil lui-même qui sortit des entrailles du volcan. Nous avons vu que dans l'éruption de 1631, il y eut une inondation prodigieuse.

« L'Etna vomit souvent des torrents d'eau, dit Ferber. Il en » sortit un *Nilo d'acqua*, en 1751. Les volcans d'Amérique » en ont souvent fourni des exemples. Le Vésuve a fréquem- » ment jeté des eaux. Il en sortit beaucoup de la bouche du » *Monte-Nuovo*, en 1538. Celles du Vésuve firent autant de » dégât en 1689 qu'en 1631 ». Ferber, *Lettres sur l'Italie*.

« Le volcan de l'île de Banda est un des plus terribles de » toutes les Indes, et dont les fréquentes éruptions ont été mar- » quées par des effets surprenans, par des tremblemens de » terre, par des inondations qui semblaient devoir engloutir la plu-

» *part des îles voisines* ». (*Hist. des Voyages*, tom. XVII, in-4°, page 180).

Les éruptions de l'Hécla et des autres volcans d'Islande, sont presque toujours accompagnées de pluies plus ou moins abondantes.

Cette quantité d'eau, versée par les volcans, reconnaît plusieurs causes.

1°. Il n'est pas douteux qu'elle ne vienne très-souvent du sein de la mer ou des lacs, dont les eaux ont pénétré dans le foyer de l'incendie, et en sont rejetées avec les autres substances que le volcan vomit ; et, ce qui le prouve de plus en plus, est la quantité de sel marin que déposent ces eaux en s'évaporant.

2°. Mais, d'autres fois, ces eaux viennent des fleuves, des ruisseaux, des fontaines, qui, s'étant fait jour au travers des terres, ont pénétré jusques dans l'intérieur du volcan. Les observateurs ont remarqué que les éruptions des volcans sont très-souvent précédées de pluies abondantes, de la disparition des fleuves, des fontaines....

Humboldt rapporte que le volcan de Tonguaragua rejetta une grande quantité de poissons qui vivent dans la rivière voisine.

3°. Enfin, on a supposé une troisième cause qui peut fournir une partie de ces eaux. La combustion de l'air inflammable donne pour résidu une quantité d'eau à peu près égale au poids de cet air et de celui de l'air pur qui est nécessaire à cette inflammation. Or, on ne peut douter que, dans les explosions volcaniques, il n'y ait combustion d'une grande quantité d'air inflammable.

4°. Les vapeurs qui sortent des volcans contiennent de grandes quantités d'eau. Elles sont condensées par le froid de l'atmosphère, et sont réduites en pluies.

DES JETS D'EAUX CHAUDES QUI ACCOMPAGNENT LES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.

Les volcans d'Islande présentent un grand nombre de ces jets d'eau bouillante. Le plus grand de ces jets est celui de Geyser qui élève une colonne d'eau de près de neuf pieds de diamètre, à quatre-vingt douze pieds de hauteur, et quelquefois encore davantage. Ce jet n'est pas continu ; il se fait par intermittence, et n'est pas toujours à la même hauteur.

Il est constamment accompagné d'un bruit considérable, non-seulement près de la source, mais encore dans les montagnes voisines. C'est après ces bruits souterrains, qui sont quelquefois assez violents pour être comparés à de fortes décharges d'artillerie, et qui souvent ébranlent la terre, que le jet s'élance avec force, et retombe un instant après.

On dit qu'à Madagascar, au haut d'une montagne, il y a un jet encore plus élevé ; car on l'aperçoit de plus de vingt lieues en mer.

De pareils jets peuvent se trouver dans d'autres endroits.

Les phénomènes qui accompagnent les jets d'eau bouillante d'Islande, en indiquent la cause. Ils sont toujours précédés par un bruit souterrain très-violent, et qui ébranle souvent la terre.

Ce bruit est occasionné par l'explosion des vapeurs ou des gaz, qui, se dégageant, enfilent des fentes souterraines avec une telle violence, qu'elles causent des commotions dans leurs parois, d'où naissent le bruit et la secousse.

Ces vapeurs arrivent sous un réservoir d'eau dont elles refoulent les eaux avec violence.

Ces réservoirs sont vraisemblablement d'anciens cratères de volcans, resserrés par le haut, qui font l'office du tuyau des

jets d'eau ordinaires. L'eau est donc soulevée avec plus ou moins de violence.

Mais ces vapeurs se dissipant aussitôt dans le vague de l'atmosphère, ou se condensant par l'eau, le jet retombe subitement, et recommence bientôt, dès que la cause reparaît : c'est ce qui produit leur intermittence.

Ces eaux, en retombant sur les bords de leurs bassins, laissent des dépôts considérables d'une substance qu'on a reconnue être de la silice.

DE L'ÉLECTRICITÉ DES VOLCANS.

Ce n'est que dans ces derniers tems qu'on a constaté que les éruptions des volcans sont souvent accompagnées d'une électricité plus ou moins forte. *Hamilton* a décrit, avec beaucoup d'exactitude, des éclairs brillans qu'il distinguait dans l'éruption du Vésuve, en 1779, et qui étaient suivis de violens coups de tonnerre.

Troïl rapporte aussi que dans l'éruption du Kattlegiaa, un des principaux volcans d'Islande, en 1755, il partit du milieu des flammes un météore, semblable à un éclair, qui perça d'outre en outre les roches qui se trouvaient sur son passage, tua onze chevaux, un paysan, une servante (1).

On a observé les mêmes phénomènes dans plusieurs autres explosions.

La cause de cette électricité est sans doute due aux vapeurs qui s'élèvent. Il est bien prouvé que de l'eau en ébullition, surtout de l'eau jetée sur des matières ardentes, produit une forte électricité.

Il se trouve, dans les volcans, un foyer immense de matières

(1) *Histoire d'Islande.*

enflammées, de laves en fusion, et une grande quantité d'eau. Un nuage épais enveloppe ordinairement le sommet des volcans; les vapeurs, qui composent ce nuage, doivent donc être surchargées d'électricité, d'où s'ensuivront des éclairs, des coups de tonnerre... comme dans les orages ordinaires.

Cette électricité abondante ne peut donc être regardée comme la seule cause des commotions, ni des secousses des volcans. Elle en est elle-même un effet. Mais elle produit ensuite les phénomènes ordinaires, des éclairs, des coups de tonnerre... Car les commotions souterraines produisent des effets analogues à ceux des commotions électriques.

L'action galvanique, que nous verrons être une des causes principales des phénomènes volcaniques, contribue sans doute beaucoup à cette électricité.

DES VOLCANS D'AIR.

Les observateurs rapportent avoir vu des éruptions considérables analogues à celle des volcans, mais sans aucun signe de combustion. C'est pourquoi on a donné à ces phénomènes le nom de *volcans d'air*. En Italie, on les appelle *salce*.

Dolomieu a décrit l'éruption d'un de ces volcans à Maccaluba, en Sicile. La base de la montagne paraît calcaire : elle est couverte d'une argile molle et toujours humectée. Il s'en dégage continuellement des gaz qui soulèvent cette argile, et y produisent une espèce de bouillonnement semblable à celui de l'eau qui est sur le feu.

Mais ce dégagement prend quelquefois le caractère d'un terrible volcan en activité. Le 30 septembre 1777, ce terrain fut

violemment agité jusqu'à la distances de trois milles. On entendit des bruits semblables à celui du plus fort tonnerre. Il s'ouvrit un cratère de dix palmes de diamètre , qui lança jusqu'à la hauteur de quatre-vingt dix palmes , une grande quantité de boue et d'eau. Cette éruption dura une demi-heure, et se répéta jusqu'à trois fois. La vase rejetée recouvrit le terrain à la hauteur de six palmes, et applanit les vallées voisines. Elle avait l'odeur du soufre.

Dolomieu attribuait ce phénomène à l'action de l'acide sulfurique sur la pierre calcaire, qui fait la base de cette montagne. Cet acide, dit-il, provient de l'argile, et il dégage une assez grande quantité d'acide carbonique de la pierre calcaire, pour produire tous ces effets.

Moi je pense que ce n'en est pas l'unique cause. L'odeur du soufre qu'on ressent, me paraît indiquer qu'il doit y avoir des pyrites en efflorescence, d'où se dégage du gaz hydrogène sulfuré, qui concoure à produire ces phénomènes.

Mais ces volcans d'air me paraissent principalement produits par l'action volcanique.

DES COMMOTIONS SOUTERRAINES, SANS APPARENCE DE FEUX SOUTERRAINS.

Les observateurs font mention d'un grand nombre de commotions souterraines, qui ont eu lieu sans aucune apparence de feux souterrains. Différentes contrées ont été agitées par de violentes commotions, et on n'y a jamais vu d'apparence extérieure de feux.

Les vallées de Pignerolles, de Cusson, de Pô... présentent journellement ces phénomènes. Elles sont agitées, presque chaque année, jusqu'au pied du Mont-Visso, de tremblemens

de terre plus ou moins violens , principalement au printems , lors de la fonte des neiges.... comme nous l'exposerons plus en détail ; et ces commotions ne sont accompagnées d'aucuns phénomènes volcaniques.

Les Hautes-Alpes , composées de terrains primitifs , sont exposées fréquemment à de violentes commotions , sans qu'il s'y manifeste aucun phénomène volcanique. La collection académique , *Partie étrangère* , tome VI , donne un relevé de ces tremblemens de terre arrivés en Suisse. On voit qu'ils y ont été très-fréquens. Bertrand dit que le premier de ces tremblemens de terre , en Suisse , dont l'histoire fasse mention , eut lieu l'an 563 de l'ère vulgaire. Il est rapporté par Marius , évêque d'Avranches. Depuis cette époque , les historiens sont pleins des événemens plus ou moins désastreux , que ces commotions ont produits dans ces contrées. Nous allons en rapporter quelques-uns des plus récents , parce que les circonstances en sont mieux détaillées.

« Le 9 décembre 1755 , dit *Bertrand* (*ibid.* pag. 169) , environ les deux heures après-midi , la terre fit un mugissement effrayant. Il n'y eut personne qui ne l'ouit dans le département de Briguer et dans celui de Vispo (du côté de Sion). Ce fût un heureux signal , auquel chacun prit la fuite. Bientôt on sentit des secousses redoublées , mais faibles. A deux heures un quart , nouveau mugissement plus terrible encore , suivi de secousses plus violentes aussi. A deux heures et demie , le mugissement fut plus grand , et les secousses si terribles dans les vallées et les montagnes , que tout le Valais semblait devoir en être renversé. *Goms* , *Vispo* , *Rozagnes* , *Leuch* , *Sion* ; tous ces lieux-là , les montagnes du *Gemmi* , du *Saint-Bernard* , de la *Fourche* , tous ces quartiers du *Haut-Valais* ont été secoués avec plus ou moins de violence. A Mar-

» tigny et à Saint-Maurice, l'ébranlement n'a pas été si grand ».

On voit ici que les plus hautes montagnes primitives, telles que le Saint-Bernard, la Fourche, le Gemmi... ont été ébranlées même plus fortement que les parties basses et secondaires, situées à Martigny et à Saint-Maurice.

Ces mêmes commotions s'étendirent dans le Jura, dans la Comté, et jusques du côté de Dijon.

Les Pyrénées éprouvèrent des secousses fréquentes à la même époque. Le 27 décembre 1755, il y eut des tremblemens de terre en divers endroits du Roussillon, et aux environs du Canigou. La secousse se fit sentir sur les trois heures du matin, et se renouvela jusqu'à six fois en deux heures.

Dans le carême de 1755, il y eut des secousses très-sensibles aux environs du Tréguier en Bretagne.

Le 10 août 1759, à dix heures quinze minutes du soir, il y eut un tremblement de terre à Bordeaux, précédé d'un bruit souterrain, qui dura deux ou trois secondes.

Les Pays-Bas ont aussi éprouvé des secousses fréquentes, qui se sont propagées quelquefois jusqu'à Mayence.

Néanmoins, les Pyrénées, la Gascogne, les environs de Bordeaux..., et toute cette partie de la France, jusqu'en Bretagne, n'offrent aucune trace d'anciens feux souterrains.

On n'en a non plus trouvé d'indice, dans la Suisse, dans le Jura, dans le Dijonois, dans les Pays-Bas...

Toutes ces commotions sont analogues aux commotions électriques. Elles sont instantanées; elles renversent tous les obstacles qui se présentent, comme le fait l'étincelle foudroyante, à l'égard des petits châteaux de carton qu'on lui oppose.

Quelques-unes de ces commotions sont accompagnées de

phénomènes très-remarquables. Celle qui, en 1783, bouleversa une partie de la Calabre, en présenta plusieurs, qui ont été décrits par des savans distingués, Hamilton, Dolomieu, Fleuriau de Bellevue... Ce dernier donna, sur ce sujet, un beau mémoire inséré dans le *Journal de Physique*, tom. 62, p. 259. Il fit même graver de belles planches, où il exposa les bouleversemens qu'éprouvèrent ces terrains. On y voit de longues allées d'arbres transportées, sans avoir essuyé aucun dérangement, avec le terrain sur lequel elles étaient plantées.

« Il est arrivé quelquefois, dit Dolomieu, page 39, du mémoire qu'il publia sur les tremblemens de terre de la Calabre, qu'un terrain, à qui sa chute, et l'inclinaison des terres qui s'étaient formées sous lui, avaient donné une grande force de projection, a rencontré et franchi de petites collines qui étaient sur son passage, les a recouvert, et ne s'est arrêté qu'au-delà.

» Si ce même terrain, rencontrant la côte opposée, frappait violemment contre, il se relevait un peu, et formait une espèce de berceau.

« Lorsque les bords opposés d'une vallée se sont écroulés en même tems, leurs débris se sont rencontrés, leur choc les a soulevés, et ils ont formé des *monticules* dans le centre de l'espace qu'ils ont comblé ».

» Les effets des éboulemens ont été d'étrangler ou de combler les vallées par la rencontre et la réunion des bords opposés, de manière à obstruer le passage des eaux et à former un grand nombre de lacs.

» Les autres phénomènes produits par la première secousse, et dépendans d'une même cause, furent la suspension dans les cours des eaux, le dessèchement instantané de quelques rivières, et leur accroissement le moment d'après. »

On croit communément que ces tremblemens de terre, ces commotions souterraines, sont accompagnés de flammes *qui s'élancent du sein de la terre*. On dit que dans le tremblement de terre qui renversa Lisbonne, en 1755, des flammes sortirent du sein de la terre, et mirent le feu en plusieurs endroits.

Il arriva la même chose, dit-on, à Messine, en 1783, dans le tremblement de terre qui renversa cette ville...

Les mêmes phénomènes ont eu lieu dans toutes les villes bouleversées par des tremblemens de terre, suites d'explosions volcaniques.

Mais ces faits ne sont pas avoués par de savans observateurs. Ils prétendent qu'on n'a jamais vu, dans ces circonstances, sortir de flammes des entrailles de la terre. Ils supposent que les incendies qui ont pu alors se manifester sont des suites d'accidens particuliers causés par les feux qu'il y avait dans les maisons particulières, ou que ces feux y ont été mis par des malveillans.

« Dans tous les pays que j'ai parcourus (en Calabre, après le » tremblement de terre), dit Dolomieu, page 41, je n'ai trouvé » ni indices, ni témoignages qui m'indiquassent un dégagement, ou des courans de vapeurs souterraines, *point de vestige de feu ou de flamme...* »

DE LA NATURE DES TERRAINS OU SONT SITUÉS LES VOLCANS.

Un des meilleurs moyens pour déterminer la nature des phénomènes et des substances volcaniques, est d'examiner les terrains dans lesquels sont situés les volcans. Or, il est prouvé que leurs cratères s'ouvrent dans toutes sortes de terrains, primitifs ou secondaires.

Un grand nombre de volcans est dans les terrains primitifs, tels sont les volcans d'Auvergne, le Cantal, le Mondor, le Puy-de-Dôme.... ceux d'Amérique, Chimborazo....

D'autres volcans ont leurs cratères dans le calcaire, tels que ceux de Coiron, en Vivarais....

De troisièmes volcans paraissent avoir leurs cratères dans des lieux situés entre le primitif et le secondaire.

Mais dans quels terrains se trouve le foyer même du volcan ? Les opinions sont partagées sur cet objet, et la question est difficile à décider, parce que les cratères se trouvent toujours enveloppés de substances rejetées par le volcan, et altérées par l'action du feu.

Les uns croient que le foyer des volcans est toujours dans les terrains primitifs, et ils en donnent pour preuves deux faits principaux.

a. Toutes les substances rejetées par les volcans sont, disent-ils, composées de porphyres, de pétrosilex, de cornéennes, de trapps, de wakes et autres substances des terrains primitifs.

b. On y trouve des cristaux particuliers, tels que la leucite, la mélanite, l'olivine, l'hornblende.... qui ne sont jamais dans les terrains secondaires.

c. Tous les grands cratères volcaniques sont dans les terrains primitifs. Si on aperçoit quelques laves sortir des terrains secondaires, comme au Coiron, dans le Vivarais, c'est accidentellement. La lave paraît venir d'autres terrains plus profonds, et s'est fait jour au travers des terrains secondaires.

D'autres naturalistes pensent que les feux souterrains sont dans les terrains secondaires. Ils ne sont, disent-ils, entretenus que par les bitumes et les pyrites que ceux-ci contiennent : d'où ils concluent que les foyers volcaniques sont dans les terrains secondaires, puisque les bitumes ne se trouvent jamais dans les

terrains primitifs. Voici une partie des raisons sur lesquelles on fonde cette opinion.

1°. La plus grande partie des laves est de la nature de celles que j'ai appelé *fontiformes* ; or , ces laves paraissent composées de schistes ferrugineux, tels que ceux qui forment le *toit* et le *mur* des couches bitumineuses. On trouve encore parmi ce *toit* et ce *mur* , des grès qui contiennent même quelquefois des parties micacées.

2°. Toutes les laves fontiformes paraissent à peu près de la même nature.

Tous les schistes des matières bitumineuses paraissent également de la même nature.

3°. Les produits qu'on trouve dans les terrains pseudo-volcaniques sont analogues aux différentes espèces de laves fontiformes , comme on le voit à la Bouiche , en Auvergne : on y trouve du verre fontiforme , des matières analogues aux laves poreuses , scoriformes...

Or toutes ces substances pseudo-volcaniques sont formées par les schistes qui recouvraient les couches bitumineuses , dont l'inflammation a donné tous ces produits.

4°. La nature de la pouzzolone , qu'on trouve parmi les laves fontiformes , confirme ces aperçus. Car on forme des pouzzolones artificielles , entièrement semblables aux naturelles , en faisant chauffer des argiles et des schistes ferrugineux.

5°. Les laves fontiformes sont beaucoup plus pesantes que les granits , les cornéennes... des terrains primitifs. Cet excès de pesanteur paraît dû au fer que fournissent les pyrites décomposées....

6°. Les grands cratères volcaniques sont ordinairement entre les terrains primitifs et les terrains secondaires , mais situés de

manière qu'on ne saurait dire auquel des deux terrains ils appartiennent.

Quelques courans de laves se sont fait jour à travers les roches primitives, comme au Puy-de-Dôme...

D'autres à travers les roches secondaires, comme au Coiron...

7°. Quant aux cristaux particuliers qu'on voit dans les substances volcaniques, tels que les leucites, les augites, les mélanites, les olivines... on ne les a pas plus trouvés dans les terrains primitifs, que dans les terrains secondaires.

8°. Des savans accoutumés à observer, tels que Buch, Humboldt, Gay Lussac, le duc de la Torre... ont observé, dans l'éruption du Vésuve de 1805, une odeur absolument semblable à celle des bitumes. « Cette odeur sent l'asphalte : elle » est exactement celle du pétrole, » dirent-ils unanimement. (*Bibliothèque Britannique.*)

9°. *Spallanzani* a fait voir que les laves de Lipari contiennent beaucoup de bitumes.

Denon en a également observé à la base de l'Etna...

.

Telles sont les principales raisons qu'apportent les partisans des deux opinions. Nous ne pourrions les discuter que lorsque nous aurons exposé la suite des faits. Mais nous dirons, en attendant, qu'il paraît que les volcans peuvent avoir leurs cratères et dans les terrains primitifs, et dans les terrains secondaires.

DE LA DÉGRADATION DES TERRAINS VOLCANIQUES, DES BRÈCHES, DES POUDDINGS VOLCANIQUES.

Les terrains volcaniques sont sujets aux mêmes dégradations que les autres dont nous avons parlé, et toutes les grandes

montagnes volcaniques nous en présentent des exemples remarquables.

Des Brèches volcaniques.

Des substances volcaniques anguleuses ont été agglutinées par un ciment quelconque, et ont formé des brèches.

Des Pouddings volcaniques.

Quelquefois ces substances ont été arrondies, et ont formé des pouddings.

Des tufs volcaniques.

Les tufs volcaniques diffèrent peu des brèches et des pouddings : ils sont une aggrégation de cendres, de lapillo.

DE LA NATURE DES SUBSTANCES VOLCANIQUES.

Le géologue, pour parvenir plus sûrement à connaître les causes des phénomènes que présentent les volcans, doit rechercher d'abord la nature des substances volcaniques. On les croit communément composées des différentes roches connues : telles que les pétrosiles, lydiennes, schistes, hornblendes, augites, porphyres.....; mais cette opinion n'est pas généralement admise.

Deluc en a émis une différente. Il suppose que,

1°. La masse du globe était primitivement à un état de solidité, de *pulvicules* (1).

2°. La lumière fut produite postérieurement, et avec elle la chaleur.

(1) Les *pulvicules* (petites poussières), formaient originellement la masse du globe. *Abrégé de Géologie*, page 77, imprimé en 1816.

3°. La masse se liquéfia, et forma une espèce de substance boueuse.

Cette substance molle fournit la matière première des laves. Elle est, dit-il, d'une nature particulière, et entièrement différente de celles des roches ordinaires que nous connaissons.

Il a développé cette opinion dans un Mémoire imprimé dans la *Bibliothèque britannique*, en juin 1806, page 183. C'est du sein de ces substances en état de fusion dans l'intérieur du volcan, dit-il, que partent toutes les explosions volcaniques.....

Cordier vient d'énoncer (*Journal de Physique*, tome 82, page 329), une opinion analogue, sur la nature des substances volcaniques : il croit également qu'elles diffèrent des roches connues.

Quelques minéraux, dit-il, tels que les leucites, les olivines....., n'ont encore été trouvés que dans les substances volcaniques.... On en avait conclu que les terrains qui fournissent ces substances étaient d'une nature particulière, et différente de ceux que nous voyons à la surface de la terre..... *Cordier* a étendu cette idée à toutes les substances volcaniques : il croit qu'elles offrent toutes une constitution particulière, qu'on ne retrouve dans aucun autre terrain. Elles sont, suivant lui, composées principalement des substances suivantes :

L'augite, ou pyroxène,

L'olivine,

Le fer titané,

Le feldspath.

Il s'y trouve encore quelquefois

Du leucite, ou amphigène,

De l'hornblende, ou amphibole.

.

Ces opinions de Deluc, de Cordier, ne me paraissent pas appuyées sur des preuves suffisantes. Il est certain qu'il y a différentes espèces de laves : par conséquent elles sont composées de divers principes. J'ai distingué :

1°. Les laves feldspathiques, dans lesquelles on aperçoit de gros cristaux de feldspath, et dont la pâte paraît souvent pétrosiliceuse.

2°. Les laves hornblendiques, dans lesquelles on distingue des cristaux de hornblende.

3°. Les laves augitiques, qui contiennent de l'augite.

4°. Les laves leucitiques, qui contiennent des leucites.

5°. Les laves fontiformes, qui ont des rapports avec la fonte sous forme de *geuse*.

.

Les analyses chimiques, qui ont été faites de ces diverses laves, confirment qu'elles ne sont point de la même nature de celles que j'ai appelé fontiformes. Ces dernières donnent en général :

Silice.	45
Alumine	15
Chaux.	
Magnésie.	
Fer oxidé	20
Manganèse.	
Natron.	3
Acide muriatique.	1

Les laves pétrosiliceuses donnent en général :

Silice.	50
Alumine.	15
Chaux.	5

Fer oxidé.	3
Manganèse.	
Natron.	4
Acide muriatique.	
Eau	7

Quelques unes de ces laves pétrosiliceuses, telles que les obsidiennes, donnent de la potasse. On doit supposer que cette potasse provient du feldspath.

Il est probable que le natron et l'acide muriatique sont, ainsi que je l'ai dit (*Leçons de Minéralogie*), fournis par les eaux de la mer.

Quant au fer titanné, il se trouve dans d'autres terrains que les volcaniques.

On doit conclure de ces faits, que les laves ne sont point d'une nature particulière, ni ne sont pas *homogènes* : elles sont composées des différentes substances minérales connues, telles que

Des schistes,	} contenant des pyrites.
Des lydiennes,	
Des cornéennes,	
Des schistes micacés.	
Des pétrosilex.	
Des porphyres à bases de pétrosilex.	
Des hornblendes.	
Des augites.	

Quant aux substances particulières, qui ne se trouvent ordinairement que dans les substances volcaniques, telles que l'*olivine*, le *leucite*...., nous avons vu ci-devant (page 154) que les faits paraissent prouver qu'elles se forment dans la lave en fusion, comme Salmon, Buch.... l'ont dit : car on trouve de ces laves au milieu des cristaux de leucite bien prononcés.

Ces faits me paraissent contraires à l'opinion de ceux qui prétendent que les substances volcaniques sont d'une nature différente de celle des roches connues. Il faudrait des faits bien décisifs pour soutenir un pareil système.

Nous dirons donc que tous les faits, dans l'état actuel de la science, prouvent que les substances volcaniques proviennent des différentes roches connues, les lydiennes, les schistes, *thon-schiffer*, les pétrosilex...

DES CAUSES DES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.

Les causes des phénomènes volcaniques ont toujours été les objets des recherches des savans. Les connaissances actuelles nous en donnent des notions plus précises. Nous allons rapporter celles qui me paraissent les plus probables dans *l'état actuel de la science*.

Les philosophes de Babylone attribuaient les tremblemens de terre aux astres. « *Babyliniorum auctores existimant terræ motus hiatus que, et cœtera omnia vi syderum fieri; sed illorum trium saturni, jovis, et martis quibus fulmina assignant Plin. Lib 2, cap. LXXIX.*

Plusieurs philosophes de la Grèce, tels que Pythagore, Epicure, Aristote... attribuaient les tremblemens de terre à l'action des vents souterrains. Ils assignaient différentes causes à ces vents.

Thalès pensait que les tremblemens de terre étaient produits par un mouvement des eaux, mais il ne dit pas comment il concevait que ce mouvement s'opérait.

Senèque et plusieurs autres savans ont soutenu la même opinion.

Descartes croyait que les tremblemens de terre étaient pro-

duits par des exhalaisons de l'intérieur de la terre, qui s'enflammaient.

Les philosophes modernes, depuis Gassendi, pensent que les commotions souterraines sont les effets de la dilatation de l'air et de la vaporisation de l'eau, produite par l'action des feux souterrains. Mais il y a deux opinions principales à cet égard.

Les uns disent qu'une simple efflorescence de pyrites amoncelées, sans être enflammées, produit un degré de chaleur suffisant, et de dilatation de l'eau et de l'air, pour causer ces commotions. C'est le sentiment de Lemery; car les tremblemens de terre ne sont pas toujours accompagnés d'éruptions de flammes. On a prétendu que dans le tremblement de terre de Lisbonne, en 1755, et dans celui de la Calabre, en 1783, les flammes, que quelques relations disent qu'on a observées, ne sortaient point du sein de la terre, et qu'elles furent une suite de l'incendie des maisons renversées, auxquelles le feu se mit par accident.

Bertrand, dans son ouvrage sur les tremblemens de terre, dit page 207. « Je ne saurais admettre que tout tremblement de » terre, suppose toujours et partout, une *inflammation intérieure*. Une fermentation peut suffire dans bien des cas, et » toutes les explications en deviennent plus faciles ».

Mais d'autres savans soutiennent que dans les tremblemens il y a constamment *inflammation intérieure*. Des eaux arrivant dans les foyers de ces feux souterrains, sont réduites en vapeurs. Ces vapeurs, ainsi que les gaz qui s'en dégagent, causent des secousses dans le local où sont les foyers.

Une partie de ces gaz s'échappe par des fentes souterraines, et causent des ébranlemens à des distances plus ou moins éloignées, comme on l'a observé dans le tremblement de terre de Lisbonne....

On voit que les partisans de chacune de ces deux opinions s'appuient des faits qui leur paraissent favorables. Mais pour pouvoir nous décider entre ces deux opinions, nous allons continuer à exposer les faits. Je crois qu'il en est de favorables à l'une et à l'autre de ces hypothèses.

Des flammes sont aperçues dans plusieurs éruptions volcaniques. Dans celle du Vésuve, de 1794, Hamilton dit qu'il y eut un jet enflammé, haut de plus de dix mille pieds.

Le Stromboli, le Vulcanello.... jettent des flammes continues.

Les flammes du volcan d'Oribasa, au Mexique, s'aperçoivent à une grande distance en mer....

Il serait inutile de multiplier les faits qui constatent l'existence de ces flammes des volcans....

Ces flammes extérieures ne sont point révoquées en doute; mais on prétend qu'elles n'existent point dans l'intérieur du volcan, et qu'elles n'ont lieu qu'au contact de l'air extérieur.

D'un autre côté il est certain qu'on n'a point observé de flammes dans un grand nombre de commotions souterraines. Les Alpes, les Pyrénées.... éprouvent de violentes commotions; et on n'y a jamais aperçu de flammes... Le géologue doit donc rechercher ce qui produit des phénomènes si surprenans.

La physique reconnaît aujourd'hui plusieurs causes des phénomènes volcaniques. Elles peuvent donner des explications satisfaisantes des divers faits qu'on rapporte dans les deux opinions. Exposons les faits, et voyons d'abord quelles peuvent être les diverses substances minérales combustibles.

Nous avons vu qu'il y a plusieurs substances minérales combustibles, telles que :

L'anthracite.

Le soufre.

Les différens sulfures.

Les différens métaux.

Les bois fossiles.

Les tourbes.

Les houilles.

Examinons l'influence que ces diverses substances peuvent avoir dans les phénomènes volcaniques.

L'ANTHRACITE CONTRIBUE-T-IL AUX FEUX VOLCANIQUES ?

Aucun fait positif prouve la présence de l'anthracite dans les foyers des volcans. L'anthracite ne fournit ni huile minérale, ni ammoniac, ni aucun des produits volcaniques, qui pourraient indiquer sa présence dans ces grands incendies.

Nous sommes donc obligés de nous en rapporter à l'analogie qui dit, qu'il est possible que l'anthracite se trouve dans les montagnes volcaniques, comme on le trouve dans d'autres terrains.

Cet anthracite pourrait donc contribuer aux phénomènes volcaniques.

LES DIVERS SULFURES MÉTALLIQUES ET PRINCIPALEMENT CEUX DE FER, CONTRIBUENT-ILS AUX PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES ?

Cette opinion est généralement adoptée. Il suffit de rapporter ce qu'en dit Lemery (*Mémoire de l'Académie des sciences* ; an 1700). Il avait mis en terre des mélanges de limaille de fer et de soufre, qui s'enflammèrent, et il ajoute :

« Cette expérience seule me paraît être capable d'expliquer
 » de quelle manière se font , dans les entrailles de la terre, les
 » fermentations, les remuemens, les embrasemens, comme
 » il arrive au mont Vésuve, au mont Etna, et en plusieurs
 » autres endroits. Car s'il s'y rencontre du soufre et du fer,
 » qui s'unissent et se pénètrent l'un l'autre, il doit s'en suivre
 » une violente fermentation, qui produira du feu, comme
 » dans notre opération. Or, il est aisé de prouver que dans
 » les montagnes, dont j'ai parlé, il y a du soufre et du fer,
 » car après que les flammes sont finies, on trouve beaucoup
 » de soufre sur la superficie de la terre, et l'on découvre dans
 » les crevasses, où ce feu a passé, des matières semblables à
 » celles qui se séparent du fer dans les forges.

» Il assigne ensuite la cause des tremblemens de terre. Ils
 » sont apparemment causés, dit-il, par une vapeur qui, ayant
 » été produite dans la fermentation du fer et du soufre, s'est
 » convertie en un vent sulfureux, lequel se fait passage, et
 » roule par où il peut, en ébranlant et soulevant les terres
 » sous lesquelles il passe. Si ce vent sulfureux s'y trouve tou-
 » jours renfermé, sans pouvoir pénétrer aucune issue pour s'é-
 » chapper, il fait durer le tremblement de terre longtems, et
 » avec de grands efforts, jusqu'à ce qu'il ait perdu son mon-
 » vement. Mais s'il trouve quelques ouvertures pour sortir, il
 » s'élançe avec impétuosité, et c'est ce qu'on appelle ouragan.
 » Il écarte la terre et fait des abîmes... »

Cette opinion de Lemery est assez généralement adoptée, et on croit que les pyrites jouent un très-grand rôle dans les opérations des feux souterrains. Plusieurs faits bien constatés viennent à l'appui de cette opinion.

1^o. Les laves et les basaltes *fontiformes* contiennent beaucoup d'oxide de fer; depuis 0. 16 jusqu'à 0. 25. Or, nous ne connaissons aucune pierre qui contienne cette quantité de fer. Il

faut donc en conclure que cette espèce de laves, à laquelle j'ai donné le nom de *fontiformes*, à cause de cette quantité de fer, qui la fait ressembler à la fonte, est un produit nouveau. Une partie de ce fer, qui les distingue, provient des pyrites enflammées. Or, ces laves sont la majeure partie de celles qui composent les coulées volcaniques.

2°. Tous les volcans rejettent une quantité considérable de soufre et d'acide sulfureux. On sait que la plupart des bouffées qui s'exhalent des bouches des volcans, sont composées d'acide sulfureux. Celles qui s'exhalent des fumaroles contiennent de l'acide sulfureux et du soufre.

La plupart des volcans rejettent une grande quantité de soufre en nature. On en trouve de grandes quantités dans tous les volcans en activité, comme à la Solfatare, aux îles Lipari, à l'Etna, à l'Hécla, au pic de Ténérife...

Les autres sulfures métalliques peuvent également, comme ceux de fer, servir d'aliment aux feux volcaniques. C'est ce que prouvent plusieurs faits.

Les sulfures d'arsenic sont extrêmement abondans au Vésuve; ils s'y subliment sous forme de rubine très-bien cristallisée. Or, ces sulfures d'arsenic sont très-combustibles, et s'enflamment avec facilité.

Il paraît que ces sulfures d'arsenic sont également très-abondans dans les volcans du Japon...

Le cuivre se trouve aussi au Vésuve : il paraît provenir de sulfure de cuivre.

On trouve également au Vésuve du plomb... Il provient également de galène ou sulfure de plomb décomposé...

Mais ces différens sulfures métalliques contribuent-ils aux phénomènes volcaniques? Il est probable.

LE SOUFRE ENTRETIENT-IL LES FEUX VOLCANIQUES ?

D'après ce que nous venons de dire, il n'est pas douteux que le soufre contenu dans les pyrites de fer, ou sulfures de fer, ceux de cuivre, de plomb, d'arsenic... contribuent aux feux souterrains. Effectivement il se rencontre partout dans les volcans : il s'en exhale, sous forme d'acide sulfureux : la plus grande partie des vapeurs qui sortent des cratères des volcans en activité est d'acide sulfureux. Toutes les *fumaroles* sont du même acide. Le soufre est sublimé dans les parties des cratères les moins échauffées. Enfin quelques laves coulantes exhalent des vapeurs d'acide sulfureux : quelques-unes même contiennent du soufre, telles que celles des volcans de l'île Bourbon, celles du Mondor... Le soufre est en grande quantité à la Solfatare, aux îles Lipari, à l'Hecla, au pic de Teyde, aux Canaries, dans les volcans du Mexique, du Pérou... dans ceux d'Islande....

Il est si abondant au pic de Teyde, qu'on pourrait en ramasser pour la consommation de l'Europe, suivant ce que m'écrivait Lamanon du haut de ce pic.

A la Guadeloupe il y a une soufrière considérable. Le soufre y a été déposé par des feux souterrains.

Mais tout ce soufre vient-il uniquement des pyrites? ou peut-il se trouver dans l'intérieur du volcan des mines de soufre, telles que celles du val de Mazzara, en Sicile, celles du duché d'Urbino, auprès de Césène, en Italie...? Nous n'avons aucunes notions précises à cet égard, et nous sommes obligés de nous en rapporter aux analogies, qui nous disent qu'il peut y avoir du soufre par dans le sein des montagnes volcaniques, comme il y en a dans les autres terrains.

Mais ces analogies ne nous disent pas que le soufre y forme de grandes masses.

LES SUBSTANCES MÉTALLIQUES PEUVENT-ELLES CONTRIBUTER A ENTRETENIR LES FEUX VOLCANIQUES ?

Toutes les substances métalliques , ou au moins le plus grand nombre , sont combustibles : elles sont très-abondantes dans le sein de la terre ; elles peuvent donc servir à entretenir les feux souterrains.

L'arsenic est sous forme métallique dans le Réalgar. Or , ce métal , par exemple , brûle avec une flamme vive.

Le fer est très-abondant dans les substances volcaniques , principalement dans les laves fontiformes.

.

Mais il est probable que ces métaux contribuent plutôt aux phénomènes volcaniques , comme sulfurés , que comme métaux natifs.

LES BOIS FOSSILES , LES TOURBES ET LES BITUMES CONTRIBUTENT-ILS AUX FEUX VOLCANIQUES ?

Il ne paraît pas qu'on puisse révoquer en doute la présence de quelques-unes de ces substances dans plusieurs volcans. Voici quelques faits qui peuvent venir à l'appui de cette opinion.

1°. Dans l'éruption du Vésuve de 1805 , le 28 juillet , de très-bons observateurs , tels que Buch , Humboldt , Gay-Lussac , le duc de la Torre... s'approchèrent proche du cratère. Des vapeurs abondantes les enveloppèrent. « Ces vapeurs , dit Buch » (*Bibliothèque Britannique* , N°. 238 , p. 231) , étaient certainement en grande partie aqueuses. Mais leur odeur nous frappa

» simultanément. IL SENT L'ASPHALTE, nous dîmes-nous en
 » nous tournant l'un vers l'autre : *cette odeur est exactement celle*
 » DU PÉTROLE. Cette impression se renouvela chaque fois que
 » nous fûmes enveloppés de ces vapeurs : elles sont aussi acides.
 » Une des crevasses était enveloppée d'une croûte de sel com-
 » mun de deux à trois pouces d'épaisseur. »

Mais j'ai fait voir que cette odeur bitumineuse, qui n'a été observée que cette seule fois au Vésuve, a pu être produite par l'absorption d'une portion du pétrole qui se dégage dans la baie de Naples, à peu de distance de la base du volcan.

2°. *Bre'slac*, dans sa description de la Campanie, tome 1, page 241, rapporte qu'auprès du Vésuve il y a dans la mer, non loin de la côte, une source de pétrole, qu'on voit s'élever au milieu des flots.

Il dit encore (tome 1, page 392) qu'il y a dans les terrains qui sont auprès du Vésuve, comme à Stabia, des pierres qui abondent en pétrole.

3°. On trouve beaucoup de sel ammoniac et d'alkali volatil dans les produits volcaniques. La quantité de ce sel rejeté par le Vésuve, dans l'éruption de 1794, fut si considérable, que les habitans des environs en ont ramassé plusieurs quintaux. Dans l'éruption de 1805 il y en eut aussi une grande quantité qui fut rejetée avec du sel marin. Or cet alkali volatil paraît provenir de la décomposition des bitumes et des bois fossiles ; car ils en donnent beaucoup lorsqu'on les distille. Cet alkali se combine ensuite avec l'acide marin fourni par la décomposition du sel marin, et forme le sel ammoniac.

4°. *Spallanzani* a retiré une assez grande quantité de bitume liquide des laves de Lipari (1).

(1) *Voyage*

5°. *Dénon* rapporte que sur toutes les côtes de la Sicile on trouve, sur les bords de la mer, un bitume liquide : il prend quelquefois de la consistance, et forme des espèces de poudings avec les pierres du rivage (1).

6°. Les environs du Puy-de-Dôme, en Auvergne, sont remplis de pissaphalte, qui s'élève de terre de tout côté.

7°. Dans les environs du volcan du mont Ararat, il y a également beaucoup de pissaphalte.

8°. La mer Morte et tous les environs sont remplis de pissaphalte, et on sait que tout ce pays a été volcanique. « Le midi » de la Syrie, c'est-à-dire le bassin du Jourdain, dit Volney, » *Voyage en Egypte*, tome 1, page 303, est un pays de volcans. » Les sources bitumineuses et soufrées du lac asphaltique, les » laves, les pierres ponce jetées sur ses bords, et le bain chaud » de *Tabarie*, prouvent que cette vallée a été le siège d'un feu » qui n'est pas encore éteint. On observe qu'il s'échappe sou- » vent du lac des trombous de fumée, et qu'il se fait de nou- » velles crevasses sur les rivages. Si les conjectures, en pareille » matière, n'étaient pas sujettes à être trop vagues, on pourrait » soupçonner que toute la vallée n'est due qu'à l'affaissement » violent d'un terrain qui, jadis, versait le Jourdain dans la Mé- » diterranée. Il paraît du moins certain que l'accident des cinq » villes foudroyées eut pour cause l'éruption d'un volcan alors » embrasé. Strabon dit expressément (lib. 16, page 764) que » la tradition des habitans du pays était que *jadis la vallée du » lac était peuplée de treize villes florissantes, et qu'elles furent en- » glouties par un volcan.*

Toutes ces contrées sont encore agitées fréquemment par des tremblemens de terre.

(1) *Voyage en Sicile.*

9. Le Gorgignano, montagne volcanique du Vicentin, contient une mine de très-bon charbon qu'on exploite.

10°. *Troil* a trouvé à l'Hécla des bois fossiles, et des ardoises chargées d'impressions végétales.

11°. Du côté d'Andernach, de Bonn, et dans tous ces cantons où il y a un si grand nombre de volcans éteints, on trouve des quantités immenses d'une espèce de tourbe, qui n'est qu'un bois fossile plus ou moins décomposé. Elle sert au chauffage des habitans de ces contrées.

12°. Dans la Hesse, dans la Saxe, et les contrées adjacentes, où il y a une si grande quantité de volcans éteints, les matières bitumineuses sont extrêmement abondantes; la lave repose même souvent sur ces bitumes. Le mont Meisner, dans la Hesse, qui est couronné par de belles colonnades basaltiques, en présente un exemple frappant. Je vais rapporter ce qu'en dit d'Aubuisson, dans son mémoire sur les basaltes de la Saxe, pag. 134.

« Au milieu d'un pays montueux, dit-il, en partie calcaire, » à trois myriamètres, à l'est de Cassel, on voit le mont Meisner s'élever comme un colosse, au milieu des montagnes environnantes....

» Le corps du Meisner est de calcaire et de grès rouge. Ces » substances en forment la masse jusqu'aux trois quarts, ou aux » cinq-sixièmes de la hauteur, à compter du pied occidental. » J'ai vu, dans le calcaire, du limon et du gypse. Le corps de » la montagne est recouvert d'une couche de ce grès friable » dont j'ai parlé, et qui, dans quelques endroits, est imprégné » de bitumes. Elle contient aussi quelques masses de sable. Elle » est à peu près horizontale. Elle incline un peu vers le sud- » est, surtout dans sa partie orientale. Par dessus, on a une » grande couche de substances bitumineuse. Son épaisseur varie

» considérablement. Elle est, dans quelques endroits de vingt-
 » huit mètres, mais plus ordinairement de six, cinq ou quatre.
 » Je l'ai même vue, en quelques points, s'amincir, et finir par
 » disparaître. Le *toît* se joignait au *mur*. Sa partie inférieure
 » consiste en bois bitumineux, d'un brun jaunâtre, qui a entiè-
 » rement conservé sa texture ligneuse (*bituminose-holz*), et
 » en terre bitumineuse (ou *braunkohle*); à mesure qu'on s'élève,
 » le degré de bituminosation paraît s'augmenter. On trouve,
 » vers le haut, une substance piciforme (*pechkolthe*) ou jayet
 » très-gras. Enfin, la partie supérieure est souvent formée par
 » une variété singulière de substances bitumineuses (*bacillane*
 » *stangenkolthe*), qui est divisée en petits barreaux prismatiques.
 » Cette couche est recouverte presque partout d'une argile qui
 » est ordinairement noire et imprégnée de beaucoup de bitume.
 » Elle est l'objet de plusieurs exploitations, et, *depuis des*
 » *siècles, plusieurs de ses parties sont en proie au feu.*

» C'est sur cette couche, ou sur l'argile qui l'accompagne,
 » que repose l'énorme plateau basaltique, qui forme la sommité.
 » Son épaisseur varie entre cent et deux cents mètres. Sa lon-
 » gueur et sa largeur sont celles de la plate-forme, qui termine
 » la montagne. Sa surface inférieure suit vraisemblablement la
 » stratification générale, en faisant quelques sinuosités comme
 » toutes les couches. Elle est à peu près horizontale... , cepen-
 » dant elle présente, du côté de l'est, une gorge très-
 » évasée. Les vulcanistes pensent que c'est un vestige de
 » cratère.

» Le plateau présente encore plusieurs échancrures. Dans une
 » d'elles, vers l'ouest, la masse basaltique est divisée en
 » prismes, la plupart hexagones, mais fort irréguliers. Ils ont
 » de un à deux mètres de long, et environ un décimètre d'é-
 » paisseur. Les faces latérales présentent une suite continuelle
 » de convexités et de concavités, qui s'emboîtent dans les con-

» vexités ou concavités des faces adjacentes des prismes conti-
 » gus Ils sont couchés horizontalement.

» Le basalte en est fort noir, très-dur et très-compact. Il
 » contient de loin en loin quelques petits grains d'olivine d'une
 » couleur très-fraîche. Plus souvent encore, on y voit de petites
 » cavités bulleuses, remplies d'une sorte de stéatites ver-
 » dâtres....

» Un grand nombre de personnes regardent le mont Meisner
 » comme un ancien volcan ».

D'Aubuisson lui-même a abandonné l'opinion qu'il soutenait
 dans cet ouvrage ; il convient que les basaltes sont des produits
 du feu des volcans.

Il dit, page 91 du même ouvrage :

13. « Le basalte, au Meisner, repose simplement sur la
 » houille (*braunkohl*), mais ailleurs on le trouve alternant par
 » couches avec elle. M. Williams nous apprend qu'après de
 » *Borrow towness*, il y a des couches épaisses de basalte, inter-
 » callées entre des couches de houille, qui sont l'objet de
 » grandes exploitations ; que, dans les montagnes de Bathgate,
 » ces deux substances minérales alternent par strates.

14. » En Bohême, d'après le témoignage du docteur Reuss,
 » on exploite également des houilles qui sont par couches
 » dans des basaltes.

15. » Aux îles Ferroë, on voit des exemples d'un pareil gis-
 » sement.

16. » *Jamesson* dit avoir observé la même chose dans l'île de
 » Mull. Nous remarquâmes, dit-il, dans la partie nord-est de
 » l'île de Mull, une couche de houille de douze pouces d'é-
 » paisseur. Le toit en était un basalte irrégulièrement divisé en
 » prismes. Cette substance en formait encore le mur ». (*Out-
 line of the mineralogy of schottishles*. Edimburg, 1800).

17. Les Cordilières où se trouvent les volcans les plus considérables du globe, présentent des faits analogues à ceux que nous venons de voir. Voici ce qu'en dit Humboldt (*Journal de Physique*, tom. 53, pag 58). Il parle de l'Amérique méridionale.

« Dans un pays, dit-il, dont les malheureux habitans sont
 » exposés aux tremblemens de terre les plus affreux, où de
 » hautes cîmes (les *Duida*), et depuis peu même des cavernes
 » (le *Cueva du Cuchivono*) jettent des flammes, où il y a des
 » sources bouillantes (j'ai trouvé celles de la Triachevar jus-
 » qu'à 72-3 Réaumur.) depuis le golfe Triste, jusqu'à la Sierra
 » Nevada de la Mérida, ou près de Cumacator, sur la côte de
 » Paria, il y a un volcan d'air, dont le bruit s'entend de loin,
 » des soufrières semblables à celles de la Guadeloupe, dans plu-
 » sieurs endroits... Dans un pays où des terrains de quelques
 » lieues carrées (*Tierra hueca de Cariaco*) sont creux et minés,
 » où, en 1766, le sol, agité par des secousses qui durèrent
 » depuis onze mois, s'est ouvert de tous côtés, pour vomir des
 » eaux sulfureuses, mêlées de BITUMES... où, au milieu des
 » plaines les plus sèches, dans la Mesa de Guanipa et du Cary,
 » on a vu sortir des flammes de la terre, on s'attend que je
 » parle des volcans; mais ce n'est pas ici le lieu. L'immense
 » révolution de Palileo et de Tonguragua de Zuito a couvert le
 » le sol, non de laves, mais de boue argileuse, précipitée des
 » eaux hydro-sulfureuses que vomissait la terre. Les formations
 » de gypses contenant du soufre, les pyrites mêlées dans toutes
 » les roches, parsemées même dans le granit; la formation de
 » l'argile bitumineuse muriatifère, que j'ai décrit plus haut;
 » le *petroleum asphalté* (*Brea. Chapote.*), qui nage partout sur
 » les eaux, ou se trouve à leur fond; une immense quantité
 » d'eau de pluie de mer, qui entre dans une terre échauffée
 » par l'ardeur du soleil et qui s'y décompose; des vapeurs

» d'eau , et un grand volume de gaz hydrogène , qui se dégage
» partout... paraissent le plus contribuer à ces effets volca-
» niques ».

On voit , dans ce récit abrégé , que l'asphalte et les pétroles se trouvent partout dans ces contrées. Ils sont mélangés avec les boues et les eaux sulfureuses que vomissent ces volcans.

Les pyrites sont également très-abondantes dans toutes les roches de ces cantons , même dans les granits.

Les vapeurs abondantes de gaz hydrogène sulfuré , qui se dégagent de tous ces lieux volcaniques , proviennent de la décomposition de ces pyrites , et peut-être une portion vient-elle de ces bitumes.

Tous ces faits , rapportés par Humboldt , et par les autres voyageurs , ne permettent pas de douter que toutes ces matières combustibles , sulfureuses , bitumineuses , n'aient une grande influence dans les phénomènes que présentent ces volcans.

D'un autre côté il est bien constaté qu'il est peu de mines considérables de bitume , où il n'y en ait quelques portions qui sont dans un état de combustion. C'est ce que confirment toutes les observations.

Dans les riches mines de charbon de Forez , celle de la montagne du Chambon , auprès de Saint-Etienne , est dans un état d'inflammation.

Le feu est également dans une partie des riches mines de houille du Creuzot , dans celles de Creusac , dans le Périgord , dans celles de Saarbruck...

Nous venons de voir que la terre bitumineuse de Meisner est , depuis plusieurs siècles , en proie aux flammes.

Le traducteur français des voyages de Pallas en Sibérie , rapporte l'incendie d'une montagne , lequel est entretenu par

des bitumes. « Il existe, dit-il, une montagne de charbon » située sur la rive droite du Tom, vingt verstes au-dessus de » Kouznetz. Elle brûle depuis le commencement du siècle... » En 1771 l'on apercevait le feu à demi-hauteur à peu près » de l'élévation totale de la montagne. Il avait fondu les neiges » à dix toises à peu près de diamètre ; le feu avait pris beaucoup » au-dessous de la plaine qu'il occupait alors, et gagnait à peu » près dans la hauteur de la montagne, qui a vingt-cinq à » trente toises d'élévation, au-dessus du niveau du Tom. A me- » sure que les places brûlent, elles se couvrent d'une argile » rouge, qui s'endurcit par l'action du feu. La chaleur n'est » pas assez considérable, pour que l'on ne puisse marcher sur » ce sol. Il est plein de fentes, d'où il sort des vapeurs ardentes » qui répandent un odeur de bitume, et mettent le feu aux » bâtons qu'on y enfonce « (*Voyage de Pallas*, trad. française » in-4^o, tome 2, pag. 110)...

Des *Tourbes pyriteuses*, peuvent produire des effets analogues, et également s'enflammer. Celle du Baurin, auprès de Laon, lorsqu'elles sont exposées à l'air, s'enflamment (1).

Des bois fossiles servent pareillement d'alimens aux feux des volcans. Pallas parle d'une montagne brûlante située dans le pays des Baschkirs, laquelle paraît ne contenir que des bois fossiles. « Le feu y était, dit-il, depuis douze ans. La mon- » tagne, et surtout des portions incendiaires, est en partie com- » posée d'un grès rougeâtre, que le feu a rendu compacte et » solide, qui a conservé une partie de sa nature calcaire, et » une partie d'une pierre tendre et brûlée, qui se sépare par la- » melles... Par un tems orageux, ou dans une nuit obscure, » on voit une flamme légère, rouge, s'élever à travers les cre-

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 1.

» vasses ardentes , ou une vapeur enflammée, qui est poussée à
 » quelques archines de hauteur. On n'y remarque cependant
 » point *d'odeur de soufre ni de houille*. La vapeur n'a pas plus
 » de consistance , ni d'odeur que la vapeur étouffée d'un poêle,
 » où le bois est entièrement brûlé. »

Il paraît par ce récit , que l'incendie de cette montagne est entretenu par des bois fossiles.

Des mines d'*Anthracites* pourraient aussi s'enflammer et servir d'alimens aux feux souterrains. Mais nous n'en connaissons aucune.

Toutes ces substances fossiles, combustibles, sont mélangées avec des pyrites. Ce sont elles qui s'enflamment les premières seules et sans accès de l'air. Elles communiqueront leur inflammation aux bois fossiles, aux tourbes, aux houilles, à l'anthracite.

Des substances peuvent brûler tranquillement pendant des siècles, comme le fait le Meisner, si elles sont abandonnées à elles-mêmes.

Mais s'il y arrive des eaux, soit par les fleuves souterrains, soit par des crevasses qui communiquent au sein des mers, cette eau donne de l'activité au feu. Elle est réduite en vapeurs et cause les commotions, et tout le fracas des éruptions volcaniques.

LA DÉCOMPOSITION DES ALKALIS PEUT-ELLE CONTRIBUER A L'ENTRETIEN DES FEUX VOLCANIQUES?

H. Davy vient de prouver par de belles expériences que les alkalis de la potasse et de la soude peuvent, par l'action de la pile voltaïque, être convertis en substances métalloïdes, et que

ces substances s'enflamment promptement par le simple contact de l'eau.

Nous avons vu que ces alkalis sont assez abondans dans les substances minérales. Un grand nombre de minéraux contiennent des quantités plus ou moins considérables de ces alkalis, tels que les feldspaths, les leucites...

La soude ou natron existe combiné avec l'acide carbonique dans plusieurs coulées de substances volcaniques:

Cette potasse et cette soude peuvent donc être décomposés dans le sein de la terre par l'action galvanique, comme nous venons de prouver que l'eau est souvent décomposée par la même action galvanique.

Le contact de l'eau enflammera ces substances métalloïdes; et cette inflammation sera accompagnée d'explosion.

Cette inflammation se communiquera aux substances bitumineuses, et sulfureuses...

L'inflammation de toutes ces substances minérales combustibles, est encore souvent produite par l'action galvanique des différens strates du globe. Comme je l'ai dit.

DE L'ACTION DE LA PILE VOLTAÏQUE DANS LES PHÉNOMÈNES VOLCANIQUES.

Mais l'action de la pile voltaïque me paraît être le principal agent des phénomènes volcaniques; c'est ce que j'ai prouvé dans un mémoire inséré dans le *Journal de Physique*, en 1815, tome 80, page 222.

En parlant des commotions souterraines qui, en 1814, se sont fait sentir dans une partie des Alpes, depuis Turin jusqu'à Lyon, j'ai dit, page 43 de mon discours préliminaire du

cahier de janvier de la même année : « Il est probable que celles » de ces commotions souterraines qui ne sont pas contemporaines avec les éruptions volcaniques, sont des effets de l'état » galvanique des différentes parties intérieures du globe, de ses » différens strates. »

J'ai rapporté les faits sur lesquels j'ai appuyé mon opinion.

Les commotions souterraines sont extrêmement fréquentes dans cette partie des Alpes, qui comprend les vallées de Pignerol, et lieux circonvoisins, jusqu'au mont Visso : et il n'y a dans ces lieux aucun indice de phénomènes volcaniques.

Elles se propagent, d'un côté, à Turin, à Milan....., et de l'autre côté, à Grenoble, à Lyon, à Marseille.... Ces commotions sont analogues aux commotions électriques.

En 1808 elles furent si considérables, que l'académie de Turin envoya sur les lieux des commissaires pris dans son sein pour en avoir des détails certains. Le rapport qu'ils en firent à leur compagnie, me fut communiqué par l'un d'entre eux, le physicien Vassali-Eandi (*Journal de Physique*, t. 67, p. 285).

« Chargé, dit Vassali, de parcourir, avec MM. Caréna et Borson, les communes de l'arrondissement de Pignérol, où les secousses du tremblement de terre, qui a commencé le 2 avril 1808 dans les vallées de *Pelís*, de *Clusson*, de *Pó*, etc., se sont fait sentir avec plus de violence, afin de faire des observations physiques sur les causes et les effets de ce phénomène, et de recueillir des renseignements propres à fixer l'opinion du gouvernement sur l'étendue des malheurs que les habitans ont éprouvés, j'ai l'honneur de présenter à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'académie, les principaux faits que nous avons observés, ainsi que les conséquences que j'ai cru pouvoir en tirer.

» Aucune lézarde, dans les maisons, ne s'est présentée à nos

regards au village de Riva, qui se trouve à une petite lieue de Pignerol.

» Mais à l'entrée de Pignerol nous vîmes des baraques et des cabanes sur la place... de forts bâtimens fêlés, des murs lézardés, des voûtes crevassées...

» A Briquerasque, nous commençâmes à voir des effets horribles des tremblemens de terre.... La moitié d'une belle maison donnant sur la rue, écroulée, un grand nombre de murs lézardés....

» De Briquerasque nous passâmes à Saint-Jean, où les dommages sont encore plus grands; à Angrogne, à la Tour, à Lucerne, ils sont encore plus forts...

» Depuis Lucerne ils ont diminué...

» La direction des secousses a paru être de l'ouest à l'est, et souvent aussi du nord au sud.

» A Fenestrelles il y a eu des secousses, mais elles n'ont causé aucun dommage...

» Ainsi que les tremblemens de terre les plus terribles, les secousses répétées depuis le 2 avril ont déplacé et fait écrouler des roches avec un bruit épouvantable... Elles ont fait tarir plusieurs fontaines et la source de divers puits... Elles ont augmenté du double l'eau dans quelques puits, et fait naître des sources nouvelles... Les eaux de plusieurs fontaines ont charrié du sable et de la terre... mais ces eaux éprouvées par les réactifs n'ont présenté aucuns phénomènes particuliers.

» Ces physiciens ont établi l'état électrique de l'atmosphère pendant ces secousses. Dans le moment des secousses, dit Vasali, l'électricité était si forte, qu'elle ne pouvait plus être mesurée par les électromètres.

» Vingt minutes après une secousse assez forte, les bande-

lèttres de mon électromètre, mis en contact de l'appareil électrique permanent que j'avais établi, restaient encore à 30^o de divergence toujours positive.

» L'aiguille aimantée ne nous a point présenté de phénomènes qu'on pût attribuer au tremblement de terre.

» Les secousses étaient multipliées : dans une seule nuit j'en ai compté jusqu'à onze, les unes petites, les autres assez fortes.

» Par nos observations, il me paraît pouvoir en distinguer neuf variétés, toutes ressenties dans le même local, à la Tour.

» 1^o. Sans bruit sensible, et sans direction marquée.

» 2^o. Sans bruit sensible, et avec direction marquée.

» 3^o. Avec bruit sourd, et sans direction marquée.

» 4^o. Avec bruit sourd et avec direction marquée.

» 5^o. Avec bruit comme d'un coup de canon, et avec secousse presque dans le même tems d'oscillation ou de balancement dans une direction marquée.

» 6^o. Même bruit et secousse presque dans le même tems de pulsation ou de soulèvement.

» 7^o. Même bruit et secousse de trémoussement, je dirais de tourbillon, dans lequel il y a pulsation, et oscillation dans des différentes directions en même tems.

» 8^o. Même bruit avec retentissement et secousse d'oscillation, de pulsation, ou de trémoussement vers la fin du retentissement.

» 9^o. Même bruit avec retentissement et écho, la secousse d'oscillation, de pulsation, ou de trémoussement au moment de l'écho.

» Je dois aussi observer que bien souvent on entendait le bruit sans qu'il fût accompagné ni suivi de secousse, et que le

bruit avec retentissement se répétait quelquefois comme le choc des vagues de la mer contre des rochers.

» Pendant notre séjour dans les vallées, le nombre des secousses que nous avons ressenties excède cinquante.

» Plusieurs météores lumineux et ignés, qui ont eu lieu, prouvent encore l'abondance des vapeurs et de l'électricité atmosphérique, ainsi que son jaillissement de la terre.

» L'abondance de l'électricité est aussi confirmée par les altérations qu'on a observées dans plusieurs liqueurs. »

L'auteur donne ensuite des considérations générales sur les tremblemens de terre.

« Quelle qu'en soit la cause, dit-il, il n'y a pas de doute qu'en certaines années, les circonstances leur sont plus ou moins favorables... L'année courante paraît en être une. Vers la fin de mars dernier, Strasbourg a souffert des secousses : Belgrade et plusieurs autres pays n'en n'ont pas été exempts.

» Nous avons entendu dire à plusieurs personnes, soit dans la vallée de Pélis, soit dans la vallée de Cluson, que les *tremblemens de terre, dans ces pays, sont assez réguliers tous les ans, et que les habitans les prennent pour un indice de la séparation des saisons*, comme le font ceux de la Plaine, à l'égard du tonnerre.

» Les secousses de ces tremblemens de terre qui ont fait tant de ravages dans ces vallées, depuis le 2 avril 1808, se sont fait ressentir dans plusieurs autres endroits éloignés.

A Ivrée,
 A Casal,
 A Milan,
 A Barges,
 A Saluces;
 A Asti,

A Nice ,
 A Gênes ,
 A Gap ,
 A Embrun ,
 A Grenoble ,
 A Lyon ,
 A Montbrisson ,
 A Genève ,
 A Chambéry ,
 Au Montcénis ,
 Et dans différens endroits proches des Hautes-Alpes ,
 A Crissolo , au pied du pic du Visso , à Bobbi....
 A Marseille ,
 A Toulon .

On n'a aperçu pendant toutes ces commotions aucun indice de feux souterrains...

Et il n'y a point de trace volcanique.

Après cette exposition des faits , examinons la constitution physique de ces montagnes.

Elles sont composées en partie de gneis , de schistes micacés , de serpentines , de pierres magnésiennes... formant différens strates. J'ai fait voir que ces pierres magnésiennes transmettent la commotion électrique (*Leçons de Minéralogie* , tom 2 , page 201 , et ailleurs).

Il se trouve au milieu de ces matières pierreuses... d'assez grandes quantités de substances métalliques , de mines de fer oxidé , de mines de cuivre , de mines de plomb sulfuré ou galène... qui forment différens strates alternant avec les strates pierreux.

La célèbre mine de fer de Cogne , dans la vallée d'Aoste , est

peut-être la plus riche mine de fer de l'univers, m'écrivait d'Aubuisson, *Journal de Physique*, tome 65, page 402. Elle a jusqu'à 70 à 80 pieds d'épaisseur; elle forme des strates, qui alternent avec des strates de serpentines.

Saussure (*Voyages dans les Alpes*, §. 921), dit que les mines de fer sont si abondantes dans ces montagnes, que la direction de l'aiguille aimantée en est dérangée. C'est ce qu'il constata par des observations qu'il fit sur le Mont-Cramont, et à Courmayeur...

Toutes ces montagnes de la vallée d'Aoste, du Cramont... se communiquent, et sont des chaînes des hautes Alpes, du Mont-Blanc, du Mont-Cervin, du Mont-Rose.... lesquelles sont composées des mêmes substances, des mêmes strates...

Mais revenons à nos vallées de Pignerol, de Pelis, de Clusson, de Pô, pour tâcher de découvrir les causes des fréquentes commotions souterraines, qu'elles éprouvent. Rapprochons les faits.

1°. Nous avons vu que ces commotions y ont lieu presque tous les ans, et que les habitans les prennent pour un indice de la séparation des saisons, c'est-à-dire qu'elles se font ressentir ordinairement au printemps, à la fonte des neiges...

2°. Elles ne sont accompagnées d'aucun phénomène volcanique, point de soufre, d'acide sulfureux, de flamme...

3°. Elles s'étendent à de grandes distances: leur centre paraît être dans ces montagnes élevées... situées au haut de ces vallées, et elles s'étendent d'un côté jusqu'à Milan... et de l'autre jusqu'à Lyon, Marseille...

4°. Ces montagnes sont en général composées de schistes micacés, de gneis... qui contiennent de grandes quantités de substances métalliques, de schistes, de pierre magnésiennes...

5.° Ces substances font différens *strates* superposés , et alternant les uns avec les autres...

6.° Les commotions arrivent principalement au printems , lors de la fonte des neiges , dont les eaux pénètrent dans l'intérieur , et vont former des fontaines .

a. Il me paraît donc probable que ces montagnes composées de *strates* alternatifs , de substances métalliques , de pierres magnésiennes , telles que les micas , les serpentines , les talcs... forment des espèces de *piles galvaniques* , plus ou moins actives , dont les unes sont positives , les autres négatives.

b. L'électricité plus ou moins considérable , qui se manifeste lors des secousses... ne permet pas de douter de toute l'influence de l'électricité , ou du galvanisme dans ces phénomènes...

c. Leur action se fait ressentir principalement au printems lors de la fonte des neiges , parce que l'eau provenant de cette fonte pénètre entre les *strates* de cette pile et en augmente l'activité...

d. Les secousses sont souvent sans bruit , sans direction... *analogues aux secousses électriques.*

e. Mais elles sont d'autrefois accompagnées d'un bruit sourd , et quelquefois d'un bruit considérable : comme l'étincelle électrique , comme le bruit du tonnerre...

On peut encore supposer , qu'alors il se dégage de ces piles quelques gaz provenant de la décomposition de quelques-unes de ces substances...

Des phénomènes particuliers qu'offrent les commotions de ces montagnes , passons à ceux que présentent les commotions qui ont lieu si souvent dans les hautes Alpes. Ces montagnes sont composées , comme celles dont nous venons de parler , de différens *strates*.

L'histoire fait mention d'un grand nombre de pareilles commotions souterraines, qui ont eu lieu dans les Hautes-Alpes. La *Collection académique*, partie étrangère, tome 6, donne le détail de plusieurs de ces commotions, qui ont eu lieu depuis l'an 565 de l'ère vulgaire.

Bertrand rapporte la grande commotion qui ébranla, en 1755, tout le Valais, le Saint-Bernard, la Fouche, le Gemmi... et tout le haut Valais....

Les Pyrénées éprouvent également des commotions très-violentes. J'en ai rapporté plusieurs (*Théorie de la Terre*, tome 4).

Ces montagnes sont composées comme les Alpes : elles contiennent un grand nombre de filons métalliques, de mines de fer...., qui forment différens strates, soit entr'eux, soit avec les strates pierreux....

Ces montagnes des Pyrénées ne présentent aucun indice de substances volcaniques.

Les phénomènes qui accompagnèrent, en 1783, le tremblement de terre qui fit tant de mal en Calabre, et dont nous avons parlé ci-devant, page 194, ne présentent également aucun indice volcanique. Il n'y parut ni feu, ni flamme, dit *Dolomieu*.... ; et cependant les commotions produisirent des effets prodigieux.

De pareilles commotions ont lieu sur une échelle bien plus considérable dans les hautes montagnes du Pérou, du Mexique... ainsi que nous l'avons rapporté.

Il faut observer que ces montagnes contiennent les plus puissans filons métalliques qu'on connaisse, qui font également des strates avec les strates pierreux. Ces différens strates forment donc des piles galvaniques de la plus grande énergie.

Mais les commotions qui ont lieu dans toutes ces grandes

montagnes, sont accompagnées de tous les phénomènes volcaniques, feux, flammes, éjections volcaniques, laves.... Ces feux sont produits par l'action des piles galvaniques, les unes positives, les autres négatives.... On sait que H. Davy a fondu avec sa grande pile le quartz, et les substances qu'on regardait comme les plus réfractaires.

Toutes ces hautes montagnes, où se déploient ces volcans désastreux, sont également composées de différens *strates* de filons métalliques, de filons d'antracite...., de strates de gneis, de schistes, de granit, de porphyre, de pierres magnésiennes.... de couches de houille...., qui alternent les uns avec les autres.

Ou peut donc supposer que les foyers de ces terribles volcans sont dans ces différens strates, dont les uns sont positifs, les autres négatifs. Quelques interruptions, quelques fentes se trouvent entre ces piles positives et négatives, et la décharge ou la détonation arrive comme dans les piles ordinaires.

Ces foyers sont à des profondeurs plus ou moins considérables.

Il faut ajouter qu'en général, la plus grande partie des volcans est dans le voisinage des mers; d'où on doit conclure que les eaux de ces mers pénètrent le plus souvent dans leurs foyers.

Dans la fameuse éruption du Vésuve, en 1631, les eaux du golfe de Naples furent en partie absorbées, et ensuite rejetées par le volcan.

Humboldt rapporte que dans l'éruption d'un volcan du Mexique, plusieurs poissons d'une rivière voisine furent trouvés avec les matières vomies par le volcan.

Les commotions qu'on attribue à des explosions d'air, comme dans les *salses*, sont accompagnées d'éjections considérables, d'eau, sans aucun indice volcanique.

Les volcans sousmarins, dont les explosions sont si terribles, reçoivent sans doute des eaux du sein des mers qui les recouvrent.

Ces eaux des mers contiennent de grandes quantités de sel marin, et d'autres sels. Elles doivent donc augmenter l'activité des piles : c'est ce qu'on observe dans les piles volcaniques faites par l'art.

Ces sels sont quelquefois volatilisés par l'action de la chaleur. On a observé dans plusieurs éruptions du Vésuve, de l'Étna..., des quantités plus ou moins considérables de ces sels qui avaient été volatilisés, particulièrement dans l'éruption de 1806, qu'observèrent plusieurs physiciens, Buch, Humboldt...

Ce sel marin ainsi volatilisé est souvent décomposé, et fournit, d'un côté, de la soude ou natron, comme on en a observé dans les laves de l'Étna...

Et de l'autre côté, de l'acide marin.... Dans les dernières éruptions du Vésuve, on a observé d'assez grandes quantités de muriate de cuivre..., formé par ces vapeurs d'acide marin combinées avec le cuivre.

Ces faits prouvent que les foyers des substances qui produisent les commotions souterraines, sont le plus souvent dans les terrains primitifs, et à des profondeurs plus ou moins considérables.

Mais au-dessus de ces foyers des terrains primitifs, peuvent se trouver différens sulfures, soit de fer, soit de cuivre, soit de plomb, soit d'arsenic... Il s'en dégage du soufre, de l'acide sulfureux...

Au Vésuve, par exemple, on trouve de la rubine d'arsenic, du muriate de cuivre, du plomb natif, du fer... On ne saurait donc douter que dans le foyer de ce volcan, ou au-dessus, il n'y ait des mines de ces métaux.

Il peut encore, au-dessus de ces foyers, se trouver des terrains secondaires, des couches de houilles.... qui auront pu fournir le bitume des laves de Lipari, de Stabia....

Ces foyers pourraient même être dans ces terrains secondaires....

Ces sulfures, ces houilles.... seront enflammées souvent par l'action de ces piles, et produiront ces flammes plus ou moins vives qui accompagnent ces phénomènes.

La chaleur qui est produite sera capable de fondre les laves....

H. Davy a fondu avec sa grande pile le quartz...., et les substances les plus difficiles à fondre.

Ces laves conservent leur chaleur pendant un tems considérable. Celle de l'Étna, en 1614, conserva sa chaleur pendant dix ans....

On n'a encore pu entrevoir la cause de ce phénomène. Ne serait-ce pas parce que l'action galvanique s'y conserve long tems, ainsi que je l'ai dit?.....

Cette explication des commotions souterraines et des phénomènes volcaniques, par l'action des piles voltaïques, est beaucoup plus satisfaisante qu'aucune de celles qu'on a données jusques ici. Nous avons vu que,

1°. Ces commotions sont instantanées, et produisent des effets analogues à ceux qui sont produits par les commotions électriques.

2°. Les détonations qui ont lieu dans les volcans, sont analogues aux détonations des fortes batteries électriques, à celles du tonnerre...

3°. On n'aperçoit point de flammes dans l'intérieur des volcans. Il y a seulement dans ces substances une chaleur rouge,

comme dans celles qui sont exposées à l'action d'une puissante pile.....

4°. Tout le globe terrestre est dans un état habituel d'électricité..

On avait dit que ces feux souterrains étaient toujours entretenues par des houilles, des bitumes... mais on a trop généralisé des faits particuliers.

Effectivement on observe souvent des bitumes dans ces grands phénomènes.

Breslac a décrit une source de pétrole auprès du Vésuve, dans les mers de Naples.

Spallanzani a observé des quantités considérables de bitumes dans les laves de Lipari...

Mais il est certain qu'on n'observe aucun indice de bitume dans le plus grand nombre des volcans, qui paraissent avoir leurs foyers dans les terrains primitifs.

L'odeur bitumineuse qu'éprouvèrent, au Vésuve, Buch, la Torrè, Humboldt... paraît accidentelle. Je crois qu'elle fut produite par le pétrole absorbé avec les eaux de la mer...; car c'est la seule fois que s'est manifestée une pareille odeur...

D'autres avaient avancé que ces feux commencent par l'inflammation des pyrites, ou fers sulfurés. La belle expérience de Lemery, qui, avec un mélange de la limaille de fer, de soufre pulvérisé, et humecté et mis en terre à une certaine profondeur, produisit une espèce de volcan, donne beaucoup de poids à cette opinion. Elle était confirmée par la quantité de soufre et d'acide sulfureux qu'on observe dans toutes les éruptions volcaniques.

J'ai prouvé que cette inflammation des pyrites était effectivement un phénomène galvanique.

Toutes ces causes contribuent sans doute aux phénomènes volcaniques. Des pyrites s'enflamment, et fournissent du soufre et de l'acide sulfureux.

Il s'y trouve aussi quelquefois des substances charbonneuses de l'antracite, des bitumes, des houilles, de l'asphalte, du pétrole..... qui peuvent également être enflammés par les pyrites.

Mais l'agent principal de tous ces phénomènes est l'*action galvanique*, qui s'exerce entre les diverses substances minérales, soit métalliques, soit charbonneuses, soit pierreuses, surtout les magnésiennes... Elles forment différens *strates* analogues aux disques des piles galvaniques. Quelques-uns de ces strates ont une électricité positive, les autres l'ont négative : ils se communiquent... ; mais il y a dans ces strates des interruptions produites par des fentes... Dès lors la décharge arrive comme les deux portions positive et négative des piles voltaïques.

Tous ces faits confirment ce que j'ai dit dans le *Journal de Physique*, tome 76, page 463, que le globe terrestre est dans un état continuel de galvanisme ou d'électricité : c'est pourquoi on l'appelle le *magasin général d'électricité*, parce qu'il en fournit continuellement à l'atmosphère et aux corps qui y sont contenus.

Mais examinons plus particulièrement la nature du globe terrestre.

Les observations minéralogiques prouvent que le globe terrestre est composé à sa surface, et à sa croûte extérieure où nous avons pénétré, de diverses substances hétérogènes, qui forment différens *strates*.

J'ai prouvé, *Théorie de la Terre* (tome 4, page 12), et ci-devant tome 1, page 7, que les différentes substances qui composent cette surface du globe, sa croûte extérieure, ont une

densité qui est à peu près trois fois plus considérable que celle de l'eau. J'ai rapporté les faits qui m'ont servi de preuves.

Mais la densité des couches intérieures du globe est environ cinq à six fois plus considérable que celle de l'eau.

Il est très-probable que ces différentes substances dont le globe est composé, soit à sa surface, soit dans son intérieur, forment différens strates. Mais les substances métalliques sont plus abondantes dans son intérieur.

Ces diverses substances situées les unes avec les autres, comme les plaques des piles galvaniques, se galvanisent mutuellement, et forment des espèces de piles voltaïques minérales.

On doit attribuer l'électricité habituelle du globe à cette action galvanique du globe.

La probabilité de cette composition du globe terrestre doit donc en faire regarder la masse entière *comme une réunion d'un grand nombre de piles galvaniques.*

Chacune de ces piles est formée de différens *strates*, de diverses substances, pierreuses, métalliques, charbonneuses... alternant les unes avec les autres, et se galvanisant comme les plaques qui composent les piles voltaïques.

Quelques-unes de ces piles minérales auront une électricité *positive*, les autres une électricité *negative*. Il est prouvé que diverses substances minérales s'électrisent positivement, d'autres négativement, comme dans les piles.

Cette électricité aura différens degrés d'intensité dans ces diverses couches minérales. Quelques-unes de ces couches en auront de très-faibles degrés, d'autres, les métalliques, de très-forts.

Toutes ces piles se communiqueront d'une manière plus ou moins directe; mais elles sont souvent *séparées*, ou interrom-

pues, par des fentes, des scissures, des substances d'une nature différente...

Lorsque l'électricité de quelques-unes de ces piles aura une trop grande intensité, il y aura *décharge, éclat, détonation...* comme dans une bouteille de Leyde trop chargée.

Mais, le plus souvent, l'électricité y est plus faible : des interruptions locales et accidentelles, produites par des fentes, entre des piles positives et négatives, y détermineront alors des décharges, comme entre les deux portions positives et négative d'une pile voltaïque, entre lesquelles on établit une communication.

Ces décharges produisent *commotion, détonation, inflammation* des substances combustibles, *fusion* des autres, et tous les phénomènes ordinaires qui ont lieu dans les plus fortes piles, telles que celle de l'institution royale de Londres, dont Davy a fait connaître les effets prodigieux.

Ces piles terrestres sont quelquefois humectées par les eaux, qui pénètrent dans l'intérieur du globe. Leur activité en est alors augmentée. C'est pourquoi les commotions, qui ont lieu dans les vallées de Pignerol, de Pô... arrivent ordinairement dans la saison de la fonte des neiges...

Mais lorsque ces eaux contiennent des substances salines, telles que les eaux des mers, elles communiquent encore plus d'intensité aux piles terrestres, comme on l'observe dans les piles ordinaires. C'est la cause de la grande action des volcans sousmarins. C'est également la cause que la plus grande partie des volcans se trouve dans le voisinage des mers...

Néanmoins, l'action de l'eau n'est pas toujours nécessaire; car nous avons vu que les piles galvaniques construites par De-luc, Zamboni... et dont j'ai donné la description dans le *Journal de Physique*, tom. 79, pag. 456, agissent sans l'intermède de l'eau.

J'ai une pile de cette nature , construite par Dumotiez. Depuis plusieurs mois, son action est continuelle , et le balancier ou aiguille va continuellement d'une colonne à l'autre.

Cependant son action se ralentit quelquefois , surtout dans les tems humides. Le mouvement du balancier est même quelquefois suspendu pendant un tems plus ou moins considérable ; Mais il se ranime bientôt de lui-même. D'autres fois , on est obligé de donner quelques secousses à la cage de verre qui renferme l'appareil.

On sait que des effets analogues ont lieu avec les grenouilles préparées pour les expériences galvaniques. Leur action se ralentit , se suspend quelques momens... et elle recommence peu de tems après.

On conçoit , d'après cette *structure supposée* du globe , que *les foyers des commotions souterraines doivent se trouver à DIFFÉRENTES PROFONDEURS , et dans DIFFÉRENS TERRAINS*. Les uns seront dans les premières couches de sa surface ; les autres seront plus ou moins profonds... Les commotions qui naîtront de ces derniers , pourront ébranler des contrées très-éloignées. Celle , par exemple , qui , en 1755 , renversa Lisbonne , se fit ressentir dans différentes parties de l'Europe , en Afrique , aux Açores...

Ces même causes produiront des intermittences dans des volcans. Car des volcans , tels que le Vésuve , ont des intermittences plus ou moins longues. Les commotions qui produisirent *Monte-Nuovo* ne se sont pas fait ressentir depuis cette époque. Le volcan de *Jorullo* était tranquille depuis de longues années....

Il faut supposer que l'action de ces piles terrestres , qui produisait ces commotions , était suspendue... Elle s'est ranimée par des causes locales qu'on conçoit facilement. Elles seront les effets de quelques mouvemens dans les terrains de ces volcans ,

comme des affaissemens de terrains, de nouvelles fentes, de l'introduction d'une quantité d'eau....

Les probabilités, sur lesquelles sont fondées ces hypothèses de la structure du globe, et des causes des commotions souterraines, me paraissent très-grandes.

Je les estime à $= \frac{1}{2} 8 = 50,000,000$.

On doit observer qu'on ne peut avoir que des probabilités fondées sur les analogies, pour entrevoir les causes de tous ces phénomènes. Il est impossible d'avoir à cet égard des *faits directs*, puisqu'on ne peut pénétrer qu'à une très-petite profondeur dans le sein du globe. Nous devons donc nous en rapporter aux analogies.

.

Les planètes doivent, suivant les analogies, être supposées construites à peu près comme le globe terrestre. Elles sont composées de substances diverses, qui font différens *strates*... Les mêmes phénomènes doivent donc y avoir lieu... *Elles sont donc dans un état habituel d'électricité.*

Cette hypothèse fait concevoir comment la grosse planète, qu'on suppose avoir existé entre Mars et Jupiter, a pu être brisée, pour former *Pallas, Vesta, Junon et Cérés*; car, avec de puissantes batteries électriques, *Nelis* est parvenu à briser de forts cylindres d'acier. Si nous supposons donc qu'il existe au centre de cette planète, ou proche de ce centre, de grands foyers de ces piles galvaniques intérieures, et qu'elles fussent mises en action par des causes locales, il aura pu en résulter des détonations capables de la briser...

Enfin, les soleils eux-mêmes doivent être regardés *comme des immenses piles galvaniques, toujours en activité*, ainsi que je l'ai fait voir, dans le *Journal de Physique*, tom. 76, pag. 463, et tom. 80, p. 63. Ils sont, suivant les analogies, également com-

posés de diverses substances, qui font différens strates... et dans un état continuel d'électricité....

Cette action galvanique est la cause de leur vive lumière et de leur grande chaleur. H. Davy a obtenu des effets analogues avec la pile de l'institution royale.

Cette hypothèse est appuyée sur de grandes probabilités, qu'on peut estimer $\frac{1}{2} 8 = 50,000,000$.

Elle satisfait beaucoup mieux aux phénomènes que présentent ces globes, que l'hypothèse de les regarder comme des amas de combustibles, qui seraient dans un état permanent de conflagration.

Car, de quelle nature seraient ces combustibles ?

Quelle immense quantité d'air pur faudrait-il, pour entretenir cette combustion ?

Et quelles déperditions n'éprouveraient pas les masses de ces soleils ?

La probabilité que les soleils ne sont pas des masses de combustibles en conflagration, peut être estimée $\frac{2}{10} 8 = 90,000,000$.

.

Attendons de nouveaux faits, pour fortifier ou affaiblir ces probabilités.

RÉSUMÉ.

Nous devons conclure de tous ces faits que :

1°. Le globe terrestre est un *magasin d'électricité*, c'est-à-dire, est dans un état continuel d'électricité ou de galvanisme, produit par l'action galvanique de ses différens strates.

2°. Les commotions souterraines sont des effets de l'action galvanique des différens strates.

3°. Ces commotions souterraines sont instantanées, et sont analogues aux commotions électriques.

4°. Cette action galvanique produit tous les phénomènes que présentent les volcans.

5°. Elle enflamme les divers combustibles de l'intérieur du globe :

a. Les sulfures métalliques, principalement ceux de fer, ainsi que le soufre.

b. Toutes les substances métalliques.

c. L'anthracite.

d. Les substances bitumineuses...

6°. L'inflammation de toutes ces substances n'a vraisemblablement lieu qu'à l'air extérieur. Mais dans l'intérieur du volcan, elle n'a lieu qu'aux endroits où cet air communique.

7°. L'eau a une grande influence dans les phénomènes volcaniques.

8°. Les foyers des volcans peuvent donc se trouver dans toutes sortes de terrains, si leur strates composent des piles voltaïques.

9°. Ces foyers peuvent également être à différentes profondeurs.

DES EPOQUES DES VOLCANS.

Différens auteurs ont cherché à fixer les époques des éruptions des volcans éteints, et même de ceux qui sont en activité.

Pallas distingue les volcans des tems primitifs de ceux des tems modernes. Il pense que l'explosion des premiers a produit des effets beaucoup plus considérables que ne le fait celle des seconds.

Desmarests a fixé trois époques différentes dans les volcans éteints du Vivarais et du Velai.

1°. Les plus récents sont ceux dont le cratère est encore bien conservé, et dont la lave a coulé dans des vallées déjà existantes, tels sont le Puy-de-Dôme, et deux autres volcans au-dessous, le Puy-de-la-Nugere et celui qui a fourni les laves de Volvic.

2°. La seconde époque qu'il assigne est celle des volcans dont les laves ont coulé sur des terrains à peu-près unis, et qui ensuite ont été excavés par des courans qui y ont creusé des vallées. Ces volcans ont dû être le plus souvent sousmarins.

3°. La troisième époque est celle des volcans les plus anciens. Les cratères et les laves en sont recouvertes par de nouvelles couches calcaires, qui ont été par conséquent déposées par les eaux des mers ou des lacs, depuis les éruptions de ces volcans.

Il faut supposer que la plus grande partie de ces derniers volcans ont été des volcans sousmarins. Leurs éruptions se sont faites au milieu des flots, et leurs laves ont couvert les bassins des mers.

De nouvelles couches calcaires se sont déposées sur ces laves.

Peut-être de secondes éruptions volcaniques ont-elles encore eu lieu, et il se sera formé de cette manière plusieurs couches alternatives de substances volcaniques, et de substances calcaires schisteuses... tels sont plusieurs montagnes volcaniques.

Le mont Bolca, auprès de Véronne, est composé de couches alternatives de pierres calcaires, de marne schisteuses, dans laquelle est déposée cette quantité étonnante de poissons fossiles, et des couches de matières volcaniques. Son sommet est composé de laves prismatiques. Toutes ces couches ont été produites alternativement dans le sein des eaux.

Mais il serait possible que des volcans des continens eussent projeté des fleuves de laves, qui s'étant rendus directement à la mer, auraient ensuite été recouverts par des dépôts calcaires. Il est un grand nombre de courans de laves de l'Etna, du pic de Ténérife, du Vésuve... qui se sont ainsi rendus à la mer. Ils ont pu être recouverts par de nouveaux dépôts marins, ensuite par de nouvelles coulées basaltiques.....

Ces époques qu'on voudrait assigner aux divers volcans ont donc toujours quelque chose de vague et d'incertain, parce qu'on ignore si tels volcans ont été sousmarins, ou ont appartenu à des continens.

On a ensuite cherché à fixer la date où tels et tels volcans ont été en activité. Mais on n'a à cet égard que des analogies très-faibles. Le chanoine *Recupero* est parti de la décomposition de certains courans de laves dont la date est certaine, pour en conclure la date des éruptions de l'Etna. Il a observé que tel courant, dont la date était bien connue, était plus ou moins altéré : d'où il a calculé qu'il faudrait tel nombre d'années pour amener cette lave à une entière décomposition. Il a ensuite fait l'application de ce principe aux laves les plus anciennes : et il a trouvé qu'il faudrait environ quatorze mille ans pour cette décomposition. Mais ces aperçus sont assez inexacts.

a. Des causes accidentelles peuvent avoir accéléré ou retardé cette décomposition de la lave. Celle qui est exposée à une forte vapeur d'acide sulfureux, ou marin, sera bien plutôt décomposée que celle qui n'y est pas exposée.

b. Les laves ne sont pas toutes également dures, également compactes, et se décomposent plus ou moins facilement.

c. Enfin, souvent des éruptions postérieures couvrent de cendres des courans antérieurs. Ces cendres s'altèrent, se dé-

composent plus promptement que les laves compactes : et on pourra attribuer cette décomposition à celle de la lave. . . .

On ne peut donc avoir aucune données certaines sur les diverses époques des volcans.

DE LA FORMATION DES TERRAINS PSEUDO-VOLCANIQUES.

Ces terrains pseudo-volcaniques sont produits par la combustion des matières bitumineuses (1). On sait que dans toutes les grandes exploitations de ces substances, le feu se met dans quelques galeries, et brûle avec plus ou moins de vivacité. Tous les minéraux qui sont aux environs éprouvent donc l'action de cette chaleur, et en sont plus ou moins altérés, suivant leur nature, et suivant leur voisinage de ces foyers ardents. Elles forment des terrains particuliers, qu'on a appelé *pseudo-volcaniques*, parce qu'ils ont les plus grands rapports avec les vrais terrains volcaniques.

On y trouve effectivement à peu près les mêmes substances que dans les terrains volcaniques. C'est ce qu'on observe à la Bouiche en Auvergne. Des matières bitumineuses y ont brûlé pendant un tems assez considérable. Les schistes qui les recouvraient ont été chauffés, et ont été convertis,

1°. En vrai verre noir, analogue au verre des laves fontiformes, et qui, au chalumeau, donne également un verre noir.

2°. En une fritte poreuse, scorifiée, qui ressemble aux laves poreuses, scoriformes...

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 547.

3°. En une lave qui a les plus grands rapports avec la véritable lave *fontiforme* compacte.

4°. En *porcélanites*. Werner a donné ce nom à des substances pseudo-volcaniques, parce qu'il leur a trouvé quelque analogie avec la porcelaine.

5°. Le *tripoli* paraît une substance pseudo-volcanique. On doit le regarder comme un schiste (*thon-schiffer*) qui a été chauffé, mais qui n'a pas été vitrifié.

DE LA FORMATION ET DE LA COMPOSITION DES MÉTÉOROLITES.

On a long-tems contesté l'existence de ces substances singulières (1). Comment croire, disait-on, qu'il puisse tomber de l'atmosphère des masses composées de pierres et de métaux, pesant quelquefois plusieurs quintaux? La masse tombée le 4 novembre 1492 à Ensisheim, proche Colmar, pesait plus de trois cents livres.

Mais le physicien sage commence à examiner les faits, et lorsqu'ils sont appuyés sur des preuves suffisantes, il les admet, quelqu'extraordinaires qu'ils puissent lui paraître. C'est ce qui est arrivé au sujet des météorolites. Des faits incontestables en ont prouvé l'existence, et personne n'ose plus la révoquer en doute.

Le docteur Chladni de Wittemberg en Saxe, est un des premiers qui ait bien constaté l'existence de ces météorolites, auxquels il a donné le nom de *bolides*, ou globes de feu. Ce fut à l'occasion d'un de ces météorolites tombé à Sienne, en juillet 1794, qu'il publia ses observations. Il regarda même comme

(1) *Leçons de Minéralogie*, tom. 2, pag. 551.

une substance de cette nature la masse de fer trouvée en Sibérie, et décrite par Pallas, dans ses voyages, tome troisième. Il prétend que cette masse de fer, ainsi que celle décrite par Rubin de Célis, et trouvée au Paraguay, celles décrites par Buchols, par le docteur Robert, par Nauweck et d'autres, sont de la même nature que les bolides....

J'ai donné à ces substances le nom de *météorolites*, ou pierres météoriques, parce qu'on a toujours regardé ce phénomène comme météorologique.

Howard constata également la chute d'un de ces météorolites tombé en Angleterre, dans le Yorkflire.

Dès le moment que l'existence de ces substances a été constatée, on a fouillé les recueils des observations, et on a reconnu l'existence de plusieurs de ces météorolites tombés en différens tems et en différens lieux.

Un des plus extraordinaires est celui qui, en 1492, tomba à *Ensisheim*, proche Colmar. Son poids était de plus de trois cents livres.

John-Loyd William rapporte que, près de Bénarès, dans les Grandes-Indes, le 19 décembre 1798, on vit un météore très-lumineux, comme un globe de feu. Cette apparition fut accompagnée d'un grand bruit ressemblant au tonnerre, et il tomba plusieurs pierres qui furent ramassées.

Mais un des phénomènes les plus extraordinaires à cet égard, est celui qui arriva en 1803, le 26 avril, à Aigle, en Normandie, à une heure après midi. On entendit dans l'atmosphère des bruits plus forts que ceux du tonnerre : succéda bientôt après la chute d'un grand nombre de ces pierres, dont la description fut donnée dans le *Journal de Physique*.

Ces météorolites étaient au nombre de plus de deux ou trois milliers. Quelques-uns pesaient jusqu'à dix-sept livres....

Depuis cette époque il est peu d'années où on n'en ait observé.

La chute de ces pierres présente des circonstances particulières.

Les faits principaux qui accompagnent la chute de ces météorolites sont,

1°. Un bruit plus ou moins violent, semblable à un violent coup de tonnerre, ou à une décharge d'artillerie.

2°. Une lumière assez vive, lorsque cette chute a lieu pendant la nuit.

3°. La chaleur considérable qu'ont ces corps au moment de leur chute.

4°. Leur couleur noire, qui indique une combustion, ou oxidation.

5°. Leur chute très-précipitée, puisque ces corps s'enfoncent toujours profondément en terre.

6°. Leur pesanteur, qui est trois à quatre fois plus considérable que celle de l'eau....

L'analyse chimique de ces substances peut encore fournir quelques lumières sur ce phénomène.

Howard a retiré du météorolite tombé à Bénarès, dans l'Inde :

Silice	46
Magnésie	21
Fer oxidé	33
Nickel	2

Laugier a retiré de celui tombe à Aigle :

Silice	49
Magnésie	12
Fer oxidé	35
Soufre	7

Manganèse	o. 50
Nickel	o. 25
Chrome.	x
Eau et perte	2

Prout a retiré de celui tombé en Espagne :

Silice.	66
Magnésie.	20
Fer oxidé noir.	5
Fer sulfuré au <i>minimum</i>	12
Chaux et manganèse.	des atômes.

On sent qu'un phénomène aussi extraordinaire a dû faire naître différentes opinions pour en rechercher la cause. On peut rapporter ces opinions à quatre principales.

I. *Chladni* a supposé que ces substances étaient étrangères à notre globe. Voici ses motifs :

a. Des substances aussi denses, aussi pesantes, et tombant de l'atmosphère, ne peuvent y avoir été soutenues.

b. Ces substances ne peuvent avoir été lancées de dessus la terre avec une vitesse de projection aussi considérable, et dans une direction presque parallèle à l'horizon.

c. On en doit conclure que ces substances viennent des régions au-delà des limites de notre atmosphère.

Il suppose, en conséquence, que, dans l'instant de la formation des grands globes, des planètes, des comètes... quelques portions solides de matières ne s'unirent point à ces grandes masses. Elles demeurèrent isolées dans l'espace, et continuent d'y circuler. Lorsque, dans leurs courses, elles s'approchent assez des grands globes, pour se trouver dans leur sphère d'activité, elles en sont attirées, et forcées de tomber sur ces globes. C'est ce qui leur arrive quelquefois, en passant dans la sphère d'activité de la terre.

La vitesse que ce corps acquerrait en tombant sur la terre , serait assez considérable pour lui donner une grande chaleur , et en oxider la surface....

Cette opinion ne me paraît pas pouvoir se concilier avec les faits connus.

II. La seconde opinion est celle de quelques Anglais , qui ont dit que ces pierres avaient pu être lancées , sur notre globe , par les volcans de la Lune.

Des géomètres français , *Laplace* , *Biot* et *Poisson* , ont calculé si la chose était possible. Le résultat de leur calcul a été qu'un corps lancé de la Lune , avec une force six fois plus considérable que celle qui chasse un boulet de vingt-quatre , pourrait arriver sur la terre , en supposant que la direction de cette force se trouvât dans la ligne qui passerait par le centre de la terre et de la lune.

Cette opinion présente plusieurs difficultés :

a. La cause de cette force de projection.

b. La rencontre des deux globes , la terre et la lune.

.
Je ne crois donc pas cette explication satisfaisante.

III. *Pline* avait supposé que ces substances pouvaient venir du soleil (*lib. 2 , cap. 60*)... *Quibus diebus saxum casurum esset e sole*.... *Anaxagore* , dit-il , avait prédit qu'une pierre tomberait du soleil.

.
On sent que cette opinion n'est nullement fondée.

IV. Mais l'opinion qui me paraît la plus vraisemblable , est de regarder ces météorolites , comme provenans de corps réduits en vapeurs , et tenus en suspension dans l'atmosphère , par de grandes masses de gaz inflammable. Ce gaz est enflammé , dans les parties supérieures de l'atmosphère , par des étincelles élec-

triques, ce qui produit les détonations, les éclairs... Toutes ces substances se réunissent par les lois des affinités; les métaux sont oxidés... et il se forme des masses plus ou moins considérables... qui ont encore une grande chaleur au moment de leur chute....

Cette opinion est appuyée par tous les faits que nous avons rapportés sur la formation des grands globes, par des substances aériformes.

SECTION HUITIÈME.

DES CHANGEMENS ARRIVÉS A LA SURFACE DU GLOBE, POSTÉRIEUREMENT A SA FORMATION.

Les notions, que nous venons de donner sur la formation de notre globe, et sur son état primitif, sont fondées sur les principes les plus certains de la minéralogie, de la physique, et de la chimie. Aussi sont-elles assez généralement admises.

1°. On ne saurait douter que la masse entière du globe *n'ait joui d'une liquidité*, qui ait permis à toutes ses parties d'obéir aux forces centrales, et de *prendre une figure conforme aux lois combinées de sa force centripède, et de sa force centrifuge.*

2°. Toutes les substances qui composent le globe, ont été déposées suivant les lois des affinités. Elles sont cristallisées, et cette cristallisation paraît avoir été opérée, dans son intérieur, par des substances qui jouissaient d'une fluidité aériforme, et à sa surface, par d'autres substances qui jouissaient d'une liquidité aqueuse, qui étaient dissoutes dans les eaux.

3°. Mais, depuis ces premières époques, il est arrivé au globe des changemens considérables. Nous ne pouvons apprécier ceux qui ont eu lieu dans son intérieur; mais sa surface nous en pré-

sente partout de prodigieux. Ce sont ces changemens dont nous allons essayer de faire l'histoire. Elle offre de grandes difficultés, parce que les faits ne sont ni assez nombreux, ni assez avérés, ni assez concluans. Néanmoins, il y a plusieurs données précieuses que nous allons réunir. Elles seront *confirmées, modifiées, ou changées*, par les nouveaux faits, que nos descendans observeront.

Les géologues conviennent tous qu'il y a eu des changemens dans cette croûte du globe; mais ils ne sont d'accord, ni sur leur nature, ni sur leur étendue.

Les uns ont supposé différentes catastrophes particulières.

Quelques autres ont même supposé des catastrophes générales....

Nous allons examiner ces différentes hypothèses, et les conséquences qu'on peut tirer des faits connus.

DE L'ABAISSEMENT GÉNÉRAL DES TERRAINS ÉLEVÉS, ET DE L'EXHAUSSEMENT DES PLAINES ET DES VALLÉES.

Un des premiers changemens arrivés à la surface du globe, a été l'abaissement général des terrains élevés, et l'exhaussement des plaines et des vallées. Les pluies, les frimats... détachent sans cesse des portions de la masse des montagnes et des collines. Les eaux des ruisseaux, des rivières et des fleuves charrient, dans les plaines et les vallées, toutes ces portions qui ont été ainsi détachées des lieux élevés. Aussi, toutes ces eaux courantes sont-elles plus ou moins troubles, surtout après les grandes pluies, parce qu'elles sont chargées d'une grande quantité de parties terreuses, qu'elles tiennent suspendues, et leurs lits sont plus ou moins encombrés de sables, de cailloux roulés,

et souvent de masses de rochers assez considérables. Tous les torrens qui se précipitent des lieux élevés, charrient des rochers très-volumineux. Ces masses, quelque dures qu'elles soient, s'usent par le frottement, les unes contre les autres; et, arrivées dans les plaines, elles ne se présentent plus que comme des galets, des petits cailloux roulés, ou menus comme du sable...

Cette action continuelle des eaux abaisse donc les montagnes, élève les plaines, et comble le bassin des mers.

Plus les montagnes sont rapides, plus elles sont dégradées. Mais lorsqu'elles sont arrivées à une pente d'environ 45 degrés, ces dégradations sont beaucoup moins sensibles.

Dans les montagnes élevées, cette dégradation agit sans cesse. Les Hautes-Alpes, les Pyrénées... en offrent des exemples continuels. Ces effets sont encore plus sensibles aux Cordilières, aux Altai...

L'observateur géologue se convaincra partout dans ses voyages, de cet abaissement général des lieux élevés, et de l'exhaussement des plaines.

Des montagnes entières ont même été renversées.

DE L'AFFAISSEMENT ET RENVERSEMENT DE QUELQUES MONTAGNES.

Des montagnes affaissées et renversées effraient d'abord l'imagination. Cependant ce sont des faits, dont on ne saurait douter. Plusieurs ont été vus par des observateurs très-exacts. Nous allons en rapporter quelques-uns des plus intéressans; principalement ceux qui se sont opérés presque sous nos yeux.

Lorsqu'on considère avec attention les terrains élevés, on

aperçoit que la plupart de leurs couches sont brisées. Plusieurs sont affaissées d'une quantité plus ou moins considérable, relativement à celles qui leur sont contigues. On reconnaît facilement que c'est un véritable affaissement, parce que les couches contigues sont de la même nature que celles qui sont affaissées. On voit dans ces masses les différens bancs qui étaient parallèles, et qui se retrouvent actuellement à des hauteurs différentes. Les causes de ces phénomènes paraissent assez bien connues.

Entre la plupart des bancs de pierre, il se trouve des couches d'argile ou de marne, qui ne sont point pétrifiées. Ces couches étaient gonflées par l'humidité. Lorsque ces terrains sont sortis du sein des eaux, ces petites couches terreuses se sont desséchées. Elles ont donc éprouvé une retraite quelconque.

Dès lors les couches supérieures subirent un petit affaissement proportionnel à cette retraite. Mais cet affaissement fut inégal, parce que la retraite elle-même l'était. Toutes ces couches se fendilleront, et présenteront des lits plus ou moins inclinés, etsouvent en lignes courbes.

C'est ce qu'on observe dans les couches des petites collines éparses dans les plaines, surtout dans celles qui sont le long des vallées. Les eaux souterraines qui coulent entre ces couches pour se rendre dans la vallée, délaient les couches terreuses, les emportent, et ôtent par conséquent les supports des couches supérieures.

Ces mêmes causes produisent quelquefois le renversement des montagnes. Les observateurs font mention d'un grand nombre de montagnes qui ont été ainsi culbutées, et renversées : nous allons en citer quelques exemples.

L'histoire de L'académie des Sciences de Paris, en 1715, rapporte la chute d'une montagne dans les termes suivans :

« Au mois de juin 1714, une partie de la montagne de Dia-

» blert, en Valais, tomba subitement, et tout à la fois, entre
 » deux et trois heures après midi, le ciel étant fort serein.
 » Elle était de figure conique; elle renversa cinquante-cinq
 » cabanes de paysans, écrasa quinze personnes, et plus de cent
 » bœufs et vaches, et beaucoup plus de menu bétail, et cou-
 » vrit de ses débris une bonne lieue carrée. Il y eut une pro-
 » fonde obscurité causée par la poussière. Les tas de pierres
 » amassées au bas, sont hauts de plus de trente perches, qui
 » sont apparemment des perches du Rhin, de dix pieds. Ces
 » amas ont arrêté des eaux, qui forment de nouveaux lacs
 » fort profonds. Il n'y a dans tout cela ni vestiges des ma-
 » tières bitumineuses, ni de soufre, ni de chaux cuite, ni
 » par conséquent de feu souterrain. Apparemment la base de ce
 » grand rocher s'était *pourrie* d'elle-même, et réduite en pou-
 » sière. »

En 1618, la ville de Pleurs, en Valteline, fut enterrée sous les rochers au pied desquels elle était bâtie.

En 1678, il y eut une grande inondation en Gascogne, causée par l'affaissement de quelques parties de montagnes, dans les Pyrénées, qui firent sortir les eaux qui étaient contenues dans les cavités souterraines de ces montagnes.

En 1680, il en arriva encore une plus grande en Irlande. Elle avait pour cause l'affaissement d'une montagne dans des cavernes remplies d'eau.

En 1751, au mois de juillet, une montagne s'éroula en Savoie du côté de Sallenches : Donati, fut témoin d'une partie de cet écroulement, et le décrit en naturaliste instruit :
 » Une grande partie, dit-il, de la montagne située au-dessous
 » de celle qui s'éroulait, était composée de pierres et de terres,
 » non pas disposées en carrière, ou par lits, mais confusément
 » entassées. Je reconnus par là qu'il s'était déjà fait dans la

» même montagne de semblables éboulemens , à la suite des-
» quels le grand rocher , qui est tombé cette année , était de-
» meuré sans appui , et avec un surplomb considérable. Ce
» rocher était composé de bancs horizontaux , dont les deux
» plus bas étaient d'une ardoise , ou pierre feuilletée , fragile ,
» et de peu de consistance. Les deux bancs au-dessus de ceux-
» ci étaient remplis d'un marbre à peu près semblable à celui
» de *Porto-Venere* , mais rempli de fentes transversales à ses
» couches. Le cinquième banc était tout composé d'ardoises
» à feuilletés verticaux , entièrement désunis , et ce banc formait
» tout le plan supérieur de la montagne tombée. Sur le même
» banc , il se trouvait alors trois lacs dont les eaux péné-
» traient continuellement par les fentes des couches , les sé-
» paraient , et décomposaient leurs supports. La neige , qui
» cette année était tombée en Savoie en si grande abondance ,
» que , de mémoire d'homme , on n'en avait vu autant , ayant
» augmenté l'effet , toutes ces causes réunies produisirent la
» chute de trois millions de toises cubes de rochers , volume
» qui seul suffirait pour former une grande montagne ».

La chute de cette montagne fut accompagnée d'une fumée considérable , formée par la poussière des pierres , qui en tombant se réduisaient en poudre impalpable. Cette poussière fut portée à plus de cinq lieues de distance. Le fracas de toute cette masse se heurtant , produisit un bruit semblable à celui du tonnerre , ou d'une grande batterie de canon ; mais beaucoup plus fort.

La montagne de Ruffiberg , dans le canton de Schwitz , en Suisse , élevée de huit cents toises au-dessus du niveau de la mer , et de cinq cent quatre-vingt-six toises au-dessus des vallées voisines , a été en partie renversée le 2 septembre 1806. Elle est composée , en partie , de couches de poudings , reposant sur des lits argileux inclinés de 25 degrés. Des pluies

abondantes qui avaient lieu depuis un mois avant l'évènement, avaient pénétré ces couches argileuses, les avaient amollies au point qu'elles cédaient à l'effort que les couches de poudings faisaient pour descendre par une pente de 25 degrés. Ces poudings coulèrent donc comme une avalanche, avec une vitesse prodigieuse, sur une largeur d'environ mille pieds, et une longueur d'environ une lieue. Plusieurs villages ont été renversés, cinq cents personnes ont péri... des ruisseaux se sont perdus, des lacs se sont formés... (Voyez la relation de cet évènement par Théodore Sunffure, *Journal de Physique*, tome 64, page 154).

Les causes du renversement de ces montagnes sont indiquées par les phénomènes qui accompagnent ces évènements. L'eau en est en général le principal agent. Des pluies abondantes, qui précèdent, ramollissent les terrains : elles détrempe des couches argileuses qui servaient de points de support.... Enfin l'équilibre est rompu, et la montagne s'écroule en tout ou en partie. L'observation a appris que plusieurs montagnes renferment des cavernes plus ou moins spacieuses : des eaux, venant de la surface, coulent dans ces cavernes, comme celles qui fournissent la fontaine de Vaucluse.... Quelquefois elles y forment des lacs. Des portions de terrains qui servent de piliers pour soutenir ces cavernes, sont minées peu à peu. Enfin elles cèdent, et entraînent avec elles la chute des couches supérieures.

Une autre cause très-puissante et très-active produira encore des renversemens de montagnes. Nous avons vu que sous les volcans il doit y avoir des cavernes immenses. Lors des tremblemens de terre, et des éruptions volcaniques, soit sur les continents, soit dans le sein des eaux, quelques-unes de ces cavernes pourront être culbutées.

Mais indépendamment de ces montagnes renversées, dont l'histoire nous a conservé la tradition, il en est un grand nombre

dont elle ne nous parle pas, et que nous ne saurions douter avoir été également culbutées par les mêmes causes. Quand on voyage dans les hautes montagnes, comme dans les Alpes, dans le Jura, dans les Pyrénées.... on en voit des preuves à chaque pas.

De Pontarlier à Neuchâtel, j'ai observé en plusieurs endroits des masses plus ou moins considérables dont les lits ou bancs sont affaissés en partie. La figure 3 de la planche 5 représente une de ces montagnes. On voit la bande du milieu s'être affaissée beaucoup plus que les deux autres, dont l'une l'est cependant encore moins que la troisième. On reconnaît facilement les différentes couches dans chacune de ces trois masses. Elles y sont différemment ombrées. (*Théorie de la Terre.*)

Il y a sur la même route, auprès de Saint-Sulpice, un endroit où de grands bancs calcaires de plusieurs centaines de pieds de longueur sont presque verticaux : ils ne sauraient avoir été formés dans cette position. C'est donc un mouvement dans la montagne qui leur a donné cette situation. L'inspection des lieux ne laisse aucun doute à cet égard.

Je ne rapporterai pas un plus grand nombre de ces faits. Il n'est pas d'observateur qui, en voyageant, n'ait été dans le cas d'en reconnaître la vérité à chaque pas.

On doit surtout distinguer à cet égard les pays très-montueux d'avec les plaines et les côteaux.

Dans les hautes montagnes les affaissemens ont été très-considérables. Plusieurs montagnes, qui renfermaient des cavernes, ont été renversées.

Dans les petites collines, et dans les plaines, il y a peu de cavernes. On y aperçoit seulement des fentes prolongées. Les eaux courantes entraînent les parties terreuses qui se trouvent entre les bancs de pierres, ce qui produit de légers affaissemens.

DES MONTAGNES ET DES VALLÉES PRODUITES PAR
DES AFFAISSEMENS.

Nous avons prouvé qu'il y a, sur la surface du globe, un grand nombre de terrains affaissés, et d'autres qui ont été culbutés. Ces affaissemens et ces renversemens se font surtout remarquer dans les grandes montagnes, principalement celles qui ne sont pas primitives. Les portions des Alpes qui sont composées de terrains secondaires, montrent de ces affaissemens à chaque instant à l'observateur attentif.

On observe la même chose dans toutes les hautes montagnes schisteuses, calcaires, gypseuses et bitumineuses. Partout on y aperçoit des affaissemens et des renversemens.

Au Creuzot, proche Autun, les couches bitumineuses ont été renversées contre la montagne granitique. Elles sont inclinées de 60 à 70 degrés.

A Solutré, auprès de Mâcon, on voit plusieurs montagnes calcaires, dont les bancs sont d'un côté inclinés de 50 à 60 degrés, et de l'autre ils sont coupés verticalement. L'inspection du lieu ne permet pas de douter qu'il y a eu affaissement d'une partie de ces montagnes. Il y existait sans doute quelques cavernes, dont les voûtes se sont écroulées. Les couches supérieures se sont en partie précipitées dans ces abîmes, et les autres se sont inclinées.

Il y arriva, il y a quelques années, un de ces phénomènes assez communs dans ces sortes de terrains. Après des pluies abondantes, les couches de terre qui se trouvaient sur la montagne de Solutré (laquelle est très-inclinée) glissèrent sur les bancs de pierres l'espace de plusieurs centaines de toises, et menacèrent d'ensevelir le village. Mais les pluies s'étant arrêtées, le terrain cessa de glisser.

On conçoit que si parmi ces terrains qui ont glissé, il s'était trouvé des couches argileuses assez tendres pour avoir été ramollies par les eaux, elles se seraient nécessairement plissées, parce que leur marche n'aura pu être assez uniforme, ni assez réglée, pour qu'elle n'ait éprouvé différens obstacles. Les parties antérieures seront arrêtées, ou ralenties un instant, tandis que les suivantes obéissant à l'impulsion qu'elles ont, refouleront celles-ci, jusqu'à ce que l'obstacle soit vaincu. Ce qui occasionnera ces plis, ces ondulations, qu'on observe si souvent dans les couches schisteuses et argileuses.

On retrouve, dans les Pyrénées, un grand nombre de ces montagnes secondaires qui sont ainsi coupées verticalement à plusieurs centaines de toises de hauteur, telles que le mont Perdu, les tours du Marboré...

Il y a plusieurs de ces montagnes coupées verticalement sur les côtes, comme à Ceuta, à Gibraltar, à Gênes, à Malte... Toutes les côtes du Pérou, du Nouveau-Mexique... présentent le même phénomène. On le retrouve sur les côtes du lac de Genève, à la Milleraie, le long des monts Salèves...

Il est vraisemblable que plusieurs de ces escarpemens ont été produits par des affaissemens plus ou moins considérables. La chute d'une partie du rocher de Scylla, en 1783, a laissé une falaise élevée d'environ cent cinquante toises. Si nous supposons qu'il y ait eu de pareilles chutes, ou affaissemens, dans tous les lieux dont nous venons de parler, on conçoit qu'ils y auront produit de hautes falaises. Or tout fait présumer qu'il y a eu des affaissemens dans plusieurs des endroits que nous venons de citer. L'histoire nous a conservé la tradition des chutes de plusieurs montagnes, lesquelles ont produit des effets analogues.

Mais ces affaissemens ont eu des effets bornés, et je ne crois point fondée l'opinion de quelques géologues qui ont dit que

la surface primitive du globe était à peu près plane, qu'elle s'est affaissée, et a formé les montagnes.

Ils appuient cette supposition sur la disparition de la grande île atlantique dont les prêtres d'Égypte parlèrent à Platon. L'affaissement d'une île aussi étendue a dû produire dans les eaux des mers de grandes secousses, en abaisser considérablement le niveau, et causer d'immenses bouleversemens à la surface des continens.

Je réponds :

a. L'exactitude de ce récit des prêtres d'Égypte n'est appuyée sur aucune preuve.

b. En le supposant vrai, nous ignorons l'étendue de cette île, et les circonstances de cet affaissement.

c. En le supposant même tel que Platon le rapporte, l'affaissement d'une île semblable ne pourrait produire qu'un très-petit abaissement des eaux de toutes les mers. Platon dit qu'elle avait l'étendue de la Lybie et de l'Asie mineure. Nous ignorons quelle était cette étendue des contrées dont il parle : mais supposons-lui une surface de 260,000 lieues carrées, c'est-à-dire, égale à un centième de tout le globe : car sa surface est de près de 26,000,000 lieues. Cette île aurait donc eu dix fois environ plus d'étendue que la France, dont la surface est de 27,000 lieues carrées. Supposons qu'elle se soit abaissée de 300 pieds. Cet affaissement n'aurait produit dans les eaux des mers qu'un abaissement de six pieds : car dans cette hypothèse, la surface des mers, qui est à peu près la moitié de celle de tout le globe, serait cinquante fois plus étendue que celle de cette île. Or une diminution subite de six pieds dans le niveau des mers, ne produirait qu'un très-petit effet.

Et cependant nous avons tout exagéré : car on ne peut supposer une île dix fois grande comme la France, s'affaisser subi-

tement de 300 pieds, puisqu'il faudrait qu'il eût existé, sous cette île, une caverne de la même étendue. Or une telle île n'eût pu se soutenir un seul instant au-dessus d'une pareille caverne.

Ce que nous disons de cette île doit s'appliquer, à plus forte raison, à la totalité de la surface du globe. On ne peut supposer sous cette surface, des cavernes capables de recevoir toute sa croûte, sur une profondeur de mille, deux mille, trois mille... toises.

II. On ne saurait également supposer le soulèvement de la totalité des montagnes.

a. Nous ne connaissons pas de forces, dans le sein de la terre, capables de produire un pareil effet : celles des feux souterrains seraient insuffisantes.

b. Si la totalité des montagnes était ainsi soulevée, il se formerait au-dessous d'elles des cavernes de la même capacité. Or, qu'est-ce qui soutiendrait ces masses énormes et si étendues au-dessus de semblables vides ?

Toutes ces hypothèses doivent être rejetées par l'ami de la vérité.

DES MONTAGNES ET DES VALLÉES PRODUITES PAR DES SOULÈVEMENS.

Des montagnes soulevées auront encore pu produire les mêmes effets que leurs affaissemens. On peut concevoir deux manières dont une montagne serait soulevée :

a. Une force intérieure quelconque, qui fait effort en tous sens, et repousse ce qui lui fait obstacle vers la surface de la terre, parce que la résistance y est moins considérable. Ces portions repoussées et soulevées forment des montagnes et des vallées.

b. Des grandes masses de terrains affaissés peuvent produire des effets analogues. Nous allons examiner les effets de chacune de ces causes en particulier.

1°. Les terrains qui pourraient être soulevés par l'action d'une cause puissante qui agirait à l'intérieur, telle que celle qui soulève les laves dans les éruptions volcaniques, formeraient sans doute des montagnes dont l'élévation serait proportionnée à l'énergie de l'agent. Nous avons vu, en parlant des tremblemens de terre, que plusieurs monticules ont été formés par de semblables causes, telles que *monte de Cinere*; les monticules qui, au rapport de Humboldt (1), furent élevés dans une nuit au nombre de 2,000, dont un était élevé de 517 pieds: c'est le volcan de Jorullo....

Il faut néanmoins convenir que tous les soulèvemens de terrains, dont parlent les observateurs, sont extrêmement bornés, et n'ont produit que des effets très-limités. De célèbres auteurs leur ont cependant attribué une action très-puissante. Nous discuterons ailleurs leurs opinions; et nous examinerons avec soin ce que les connaissances actuelles nous permettent d'admettre à cet égard.

2. Nous avons vu ce que peuvent produire des affaissemens. Ce sont des effets également très-limités.

DES MONTAGNES ET DES VALLÉES PRODUITES PAR L'EXPLOSION DES FEUX SOUTERRAINS.

L'action des feux souterrains a produit de grands changemens à la surface du globe. C'est ce que nous avons déjà vu, en parlant des tremblemens de terre.

(1) *Journal de Physique*, tom. 69, pag. 144.

Pythagore rapporte qu'après de Thrézène, il s'éleva une montagne au milieu d'une plaine, tandis que d'un autre côté, on voyait, sous les eaux, les ruines de Hélica et de Buris, villes de l'Achaïe, qui furent submergées par l'effet d'un tremblement de terre (1). Il n'est aucune de ces commotions souterraines qui, lorsqu'elle a un peu d'intensité, ne cause de ces bouleversemens. Des montagnes sont soulevées; d'autres sont renversées dans les vallées et dans les plaines, qui en sont encombrées. Le cours des eaux est souvent suspendu pour quelques instans. Des lacs nombreux se forment; tout le terrain se fend en toutes sortes de directions; des portions considérables de la surface du sol sont transportées quelquefois à de grandes distances. Je vais rapporter quelques-uns de ces évènements arrivés en Calabre, en 1783, tels qu'ils ont été décrits par un observateur exact, Dolumieu.

« La secousse terrible pour la Calabre, celle qui ensevelit
» sous les ruines des villes, plus de vingt mille habitans, ar-
» riva le 5 février, à midi et demi. Elle dura deux minutes. Les
» villes, et toutes les maisons éparses dans la campagne, furent
» rasées dans le même instant. Les fondemens parurent vomis
» par la terre. Les terrains qui étaient appuyés contre le granit
» des monts *Caulone*, *Esopa*, *Sagra* et *Aspramonte* glissèrent
» sur ce noyau solide, dont la pente est rapide, et descen-
» dirent un peu plus bas. Il s'établit alors une fente de plusieurs
» pieds de large, sur une longueur de neuf à dix milles (trois
» lieues) entre le solide et le terrain sablonneux; et cette fente
» règne, presque sans discontinuer, depuis Saint-George, en
» suivant le contour des bases, jusque derrière Sainte Chris-
» tine. Plusieurs terrains, en coulant, ont été portés assez loin

(1) *Métamorphoses d'Ovide*, livre 15.

» de leur première position... Mais ce fut principalement sur
 » les bords de ces escarpemens qu'arrivèrent les plus grands dé-
 » sordres et les plus grands bouleversemens. Des portions con-
 » sidérables de terrains, couverts de vignes et d'oliviers, se dé-
 » tachèrent, en perdant leur adhérence latérale, et se cou-
 » chèrent, d'une seule masse, dans le fond des vallées, en
 » décrivant des arcs de cercle, qui ont eu pour rayon la hau-
 » teur de l'escarpement. Tel un livre posé sur la tranche, qui
 » tombe sur son plat. Alors, la portion supérieure du terrain,
 » sur laquelle étaient les arbres, s'est trouvée jetée loin de son
 » premier site, et est restée dans une position verticale... Ail-
 » leurs, des massifs énormes, rompant également leur adhé-
 » rence latérale, ont coulé sur la pente des talus inférieurs,
 » et sont descendus dans les vallées. A la force d'impulsion
 » qu'ils avaient reçue par leur chute, ils joignaient celle de la
 » poussée des terres qui s'éboulaient derrière eux; ce qui leur
 » permettait de parcourir d'assez grands espaces, en conser-
 » vant leur forme et leur position; et après avoir donné ce
 » spectacle des montagnes en mouvement, ils sont restés au
 » milieu des vallées.

» Il est arrivé quelquefois qu'un terrain à qui sa chute, et
 » l'inclinaison du talus qui s'était formé sous lui, avaient donné
 » une grande force de projection, *a rencontré et franchi de*
 » *petites collines qui étaient sur son passage, les a recouvert, et*
 » *ne s'est arrêté qu'au delà.* Si ce même terrain, rencontrant le
 » côté opposé, frappait violemment contre, il se relevait un
 » peu, et formait une espèce de berceau.

» Lorsque les bords opposés d'une vallée se sont écroulés en
 » même tems, leurs débris se sont rencontrés, leur choc les a
 » soulevé, et ils *ont formé des MONTICULES*, dans le centre de
 » l'espace qu'ils ont comblé.

» L'effet le plus commun, celui dont on voit un très-grand

» nombre d'exemples, dans les territoires d'OPPIDO et de
 » SAINTE-CHRISTINE, sur les bords des vallées, ou gorges pro-
 » fondes, dans lesquelles coulent les fleuves MAIDI, BIRBO et
 » TRICUCIO, est celui qui s'observe lorsque, sa base inférieure
 » ayant manqué, les terrains supérieurs sont tombés perpendi-
 » culairement et successivement, par grandes tranches, ou
 » bandes parallèles, pour aller prendre une position respective,
 » semblable aux marches d'un amphithéâtre. Le plus bas gra-
 » din est quelquefois A TROIS OU QUATRE CENTS PIEDS AU-DES-
 » SOUS DE SA PREMIÈRE POSITION. Telle une vigne, entr'autres,
 » située sur les bords du fleuve *Tricucio*, auprès du nouveau
 » lac, s'est divisée en quatre parties, qui se sont mises en ter-
 » rasse les unes au-dessus des autres, et dont la plus basse est
 » tombée de QUATRE CENTS PIEDS DE HAUTEUR.

» Les arbres et les vignes, qui étaient sur les terrains dont
 » la masse entière s'est déplacée, n'ont point souffert. Les
 » hommes mêmes, qui s'y sont trouvés, les uns sur les arbres,
 » les autres à leurs pieds, travaillant le sol, ont été ainsi voi-
 » turés pendant plusieurs milles, sans recevoir aucun mal.
 » On n'en a cité plusieurs exemples, qui sont consignés dans
 » les relations.

» Les effets de ces éboulemens ont été d'étrangler ou de com-
 » bler les vallées, par la rencontre et la réunion des bords op-
 » posés, de manière à obstruer le passage des eaux, et à former
 » un grand nombre de lacs (il en a été formé, dans ce moment,
 » plus de trois à quatre cents, dans cette partie de la Calabre),
 » d'aplanir le terrain coupé par des gorges, de transporter
 » sur les possessions des uns, les héritages des autres, de cou-
 » per les communications, et de donner, à tout le pays, une
 » face nouvelle.

» La secousse, qui arriva, pendant la nuit du cinq février,
 » augmenta les dommages de MESSINE, de REGIO, et des

» villes qui avaient déjà été ébranlées par le premier tremble-
 » ment de terre du même jour. Elle fut fatale aux habitans de
 » Scylla , par la chute d'une partie considérable de la mon-
 » tagne dans la mer , ce qui fit soulever les flots , et leur donna
 » une fluctuation violente. Les flots se brisèrent avec force
 » contre la plage , et la partie basse de la ville , où s'était réfu-
 » gié le prince Sinopoli ». Il y périt, avec lui, plus de douze cents
 personnes.

Les mêmes effets se présentent dans tous les violens tremblemens de terre , comme nous l'avons vu à celui de Lisbonne , en 1755 , à celui de la Guadeloupe , en 1692....

Les montagnes sont renversées ; les vallées comblées ; de nouvelles montagnes se forment au milieu des plaines ; les cours des eaux sont arrêtés ; de nouveaux lacs creusés.... En un mot, *tout le pays prend une face nouvelle* , comme dans la Calabre.

Qu'on se rappelle maintenant ce que nous avons dit sur le nombre des volcans qui sont en activité, et sur le plus grand nombre encore qui sont éteints : qu'on se rappelle encore qu'il y a peu de contrées qui n'aient été exposées à des secousses plus ou moins violentes , à des vives commotions souterraines , et on concevra combien cette cause a pu contribuer à donner UNE FACE NOUVELLE à une partie de la surface de la terre.

Ceux qui voyagent dans les Cévennes , dans les montagnes d'Auvergne.... sont sans cesse étonnés des bouleversemens qu'ils y observent. Des terrains sont brisés , hachés ; d'autres ont coulé ; de troisièmes couches sont plissées , ondées.... Mais , qu'ils se ressouvientent que ces contrées ont été , à des époques antérieures , exposées à des commotions semblables à celles de la Calabre.

La même chose a pu et a dû arriver aux Alpes, qui éprouvent de fréquentes commotions ; aux Pyrénées ; aux Cordilières.... On observe, dans toutes ces grandes masses de montagnes, plusieurs rochers coupés à pic comme *Scylla*. On peut donc supposer que ces effets ont été produits par les mêmes causes.

La Méditerranée a été agitée, et l'est encore, par de violens tremblemens de terre, qui ont élevé plusieurs îles, telles que Délos, Santorin.... et en ont englouti d'autres, telles que l'Atlantique... La tradition rapporte que la Sicile a été séparée du continent par un tremblement de terre.... Il faut donc que la portion du continent qui les unissait ait été précipitée dans des cavernes intérieures, dont il existe certainement un grand nombre dans ces contrées. Les différentes côtes élevées qui sont sur ces rivages, telles que le rocher de *Scylla*, auront donc été une suite de cet affaissement.

La même chose a pu avoir lieu sur les côtes de Malthe, qui, peut-être, faisaient partie de la Sicile.

Généralisons cette supposition pour toutes les côtes de la Méditerranée, et on verra combien ces affaissemens ont pu contribuer à la formation de ces immenses falaises qu'on y observe, sur les côtes de Gènes, sur celles de France, sur celles d'Espagne, d'Afrique...

Mais nous avons vu qu'il n'est pas de continens, qu'il n'est pas de chaînes de montagnes, qui n'aient éprouvé des secousses de tremblement de terre. Les Alpes, les Pyrénées, les parties occidentales de la France... où on ne connaît aucune trace de volcans, ont néanmoins été ébranlées fort souvent. Ces commotions auront donc pu y causer des chutes de montagnes, comme celle du rocher de *Scylla*, en 1783, et contribuer à y former ces falaises qui causent tant d'étonnement aux voyageurs.

L'éruption du volcan de Jorullo , au Mexique (1), qui eut lieu pour la première fois, la nuit du 28 au 29 septembre, en 1759, nous présente l'exemple d'une montagne considérable, élevée dans une nuit après des secousses prodigieuses : un terrain de trois à quatre milles carrés, que l'on désigne sous le nom de *malpays*, se souleva en forme de vessie ; on le distingue encore dans des couches fracturées. Il se forma une multitude de petits cônes enflammés, élevés seulement de quelques pieds. Mais les scories et les cendres formèrent une montagne haute de 517 pieds, en ne la comparant qu'au niveau ancien des plaines voisines. Ceux qui étaient sur les hauteurs voisines, assurent qu'on vit sortir des flammes sur l'étendue de plus d'une demi-lieue carrée.

L'éruption de *Monte-Nuovo* a présenté des phénomènes analogues...

De pareils phénomènes s'observent souvent dans les pays volcaniques.

DES MONTAGNES ET DES VALLÉES PRODUITES PAR L'ACTION DES FEUX SOUSMARINS.

Les effets que nous venons de voir être produits par l'action des feux souterrains, le sont également par l'action des feux sousmarins, sur les terrains couverts par les eaux. Ces feux soulèvent des îles considérables, ainsi que nous l'avons rapporté ci-devant, au sujet de Delos, Santorin... Ils en affaissent d'autres, comme nous l'avons vu à la Jamaïque... Enfin, l'action de ces feux n'est pas moins considérable que celle des volcans des continents.

(1) *Histoire de la Nouvelle-Espagne*, par Humboldt. *Journal de Physique*, tom. 69, pag. 149.

Ils doivent donc creuser des vallées dans les terrains qui sont baignés des eaux des mers, y produire des affaissemens, soulever quelques autres de ces couches... Enfin produire tous les effets que nous avons vu avoir été produits en Calabre par le tremblement de terre de 1783.

De nouvelles couches calcaires se déposeront sur tous ces débris : elles couvriront et les laves des volcans sousmarins, et les débris que leurs commotions auront produits.

Des terrains primitifs, soit granitiques, soit porphyriques, pourront être renversés sur des terrains secondaires... et présenter, au géologue, des faits difficiles à expliquer...

Ces phénomènes nous expliqueront l'origine de plusieurs montagnes bouleversées, de plusieurs vallées creusées, et recombées postérieurement, et par des galets, et par des couches calcaires... sans être obligé d'avoir recours à des causes qui ne sont point dans l'ordre des phénomènes connus.

On doit peut-être attribuer à des commotions volcaniques, surtout à des commotions produites par l'action galvanique, la formation du détroit de l'Hellespont, la séparation de la Sicile du continent, la séparation de Ceylan du continent de l'Inde... et plusieurs autres phénomènes analogues.

La description qu'on a donnée des bouleversemens de la Calabre, en 1783, confirme tout ce que nous venons de dire.

Nous avons vu que, dans le bouleversement de la Calabre, en 1783, des terrains culbutés ont coulé dans des plaines, s'y sont arrêtés, et y ont formé des monticules...

Les îles nouvelles soulevées du sein des mers par des commotions volcaniques, et dont nous avons parlé ci-devant... ne sauraient avoir d'autres causes.

DES MONTAGNES ET DES VALLÉES PRODUITES PAR DES RETRAITES DES TERRAINS.

La surface de la terre se refroidissant plus que son centre, a dû éprouver des retraites considérables. Un globe comme le nôtre, qui a 2865 lieues de diamètre, doit conserver longtemps sa chaleur à son centre, et n'en perdre qu'une très-petite quantité, tandis que sa surface se refroidit plus ou moins promptement. (Voici ce que nous avons dit ci-devant tome 1, page 22.)

Cette partie centrale conservera donc son premier volume ; mais la partie extérieure, en se refroidissant, se condensera. Dès lors il se fera à cette surface des fentes, des cavernes, des cavités plus ou moins considérables, comme dans les glaciers, ou mers de glace... Il est vraisemblable que cette croûte se sera fendue par de grandes masses, et le plus souvent presque instantanément.

Ces retraites produiront par conséquent des vallées plus ou moins étendues, et des bassins plus ou moins vastes, et leurs bords se présenteront comme des montagnes, comme des falaises... Les eaux, soit des mers, soit des lacs, rempliront ensuite ces bassins et ces vallées ; elles s'y précipiteront avec violence lorsque ces fentes auront été faites instantanément. Elles en arrondiront les bords le plus souvent, ensorte qu'il sera difficile de reconnaître la cause qui a produit ces vallées.

Dans le moment que ces retraites s'opéraient ainsi subitement, et en grandes masses, elles pouvaient être accompagnées de culbutes de terrains adjacents. Il pourrait même arriver que quelques portions de ces terrains se relevassent en partie, comme par un mouvement de bascule. Elles auraient

par conséquent produit quelques montagnes, et quelques vallées.

Il serait assez difficile de déterminer l'étendue de l'action de cette cause. Mais je crois qu'elle a produit de plus grands effets qu'on ne pourrait le soupçonner d'après un premier aperçu. Dans les pays volcaniques, par exemple, proche le Vésuve, l'Etna... on aperçoit, partout, des fentes opérées par la retraite qu'ont éprouvée les laves et les autres matières incandescentes, qui ont été vomies par les volcans. Ces fentes s'étendent même assez loin, et causent souvent la culbute d'une partie de ces matières. Les eaux s'y accumulent et y forment des lacs.

On aperçoit également dans les glaciers des fentes considérables; le refroidissement graduel de toute la surface du globe aura produit des effets sans doute beaucoup plus considérables. Des fentes immenses se seront étendues plus ou moins loin. Des masses prodigieuses de terrains s'y seront précipitées : d'où seront nées des vallées et des montagnes.

Quelques physiciens ont supposé que des montagnes et des vallées ont pu être produites par la retraite qu'auraient éprouvée des terrains sortis du sein des eaux. Après l'abaissement du niveau des mers, disent-ils, les terrains qui avaient été formés dans son sein, étaient pénétrés par les eaux : ils se sont desséchés. Ce dessèchement les a fait fendre, comme on le voit dans les grandes masses d'argile humide, où il se forme des fentes considérables. Ces fentes seront l'origine des vallées et des montagnes.

Je crois que ces effets sont exagérés. La plus grande partie des terrains qui forment la surface du globe est de différentes espèces de pierres, telles que granit, gneis, porphyres, calcaires, gypses, appatit, schistes, filons métalliques, couches bitumineuses, substances salines..... Or, aucune de ces substances ne peut éprouver une grande retraite par le dessèchement qu'aurait

produit l'abaissement des mers. Quelques-unes de ces pierres auront pu seulement se fendiller, ainsi que nous l'avons vu dans les figures prismatiques qu'offrent les gypses de Montmartre, dans les fentes qu'on observe dans les calcaires, dans les schistes....

Il n'y aurait donc que les grandes masses d'argile qui auraient pu éprouver des fentes assez considérables pour produire des vallées et des montagnes. Mais nous n'avons jamais trouvé dans le sein de la terre de ces grandes masses d'argile. Elles ne s'y rencontrent que par couches peu épaisses, incapables de produire les effets qu'on suppose.

D'ailleurs il n'y aurait eu que l'argile qui serait à la surface de la terre, qui se fendrait de cette manière. Car les couches argileuses, qui sont au-dessous de cette surface, sont sans cesse humectées par les eaux des pluies, et celles qui coulent à la surface du globe. Bien loin de se gercer, elles forment une masse impénétrable à l'eau, la retiennent comme dans un bassin, et sont ainsi l'origine des fontaines, ainsi que nous l'avons vu dans la butte de Montmartre... Ces couches argileuses font même souvent l'office des siphons dans lesquels les eaux sont contenues, comme dans les plaines de Barbarie....

DE QUELQUES MONTAGNÈS ET VALLÉES PRODUITES PAR LES COURANS DES EAUX.

Nous avons fait voir précédemment que les eaux, soit avant l'apparition des continents, soit après cette apparition, avaient exercé une action très-puissante sur la surface de la terre (1).

(1) Tom. 2, pag. 118.

Elles ont raviné les plaines, et y ont creusé des vallées. Les montagnes en ont été dégradées, et les anciennes vallées ont été élargies.

Cette excavation de nouvelles vallées a dû produire des montagnes.

Mais cette cause n'a pu produire que des effets très-limités.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL SUR LA FORMATION POSTÉRIEURE DE QUELQUES MONTAGNES ET VALLÉES, ET SUR LES CHANGEMENS ARRIVÉS A LA SURFACE DU GLOBE.

Résumons maintenant sur les causes premières qui ont formé les montagnes, les vallées et les plaines, ainsi que sur les causes secondaires qui les ont dégradés dans la suite des siècles, et ont amené la surface du globe à l'état où elle se trouve aujourd'hui.

1°. On ne saurait douter que *les montagnes primitives n'aient été formées dans le sein des grandes eaux par la suite de la cristallisation générale du globe.* Car cette cristallisation n'en a pas formé une surface à peu près plane. On doit supposer, au contraire, que cette surface du globe terrestre était hérissée de groupes de cristaux posés çà et là irrégulièrement, et ne présentant aucune régularité.

Nous avons vu que la surface des autres planètes offrent les mêmes irrégularités. Les montagnes de *Vénus* ont jusqu'à 23,000 toises d'élévation. La hauteur des celles de la *Lune* va jusqu'à 5000 toises, quoique ce globe soit au moins soixante fois moins gros que celui de la terre. Les montagnes de *Jupiter* et des autres planètes sont également très-élevées.

2°. Les montagnes primitives de formation postérieure,

telles que celles de gneis, de schistes, de hornblende... ont également été formées par cristallisation. Elles se sont modelées en général sur les montagnes primitives qu'elles ont recouvertes.

3°. Quelques-unes de ces montagnes primitives, de formation postérieure, ont pu néanmoins s'exhausser par une suite de la cristallisation. Car, supposons que les matières en dissolution, qui les ont formées, se déposent en plus grande quantité dans un endroit que dans les autres, comme nous l'avons vu, dans les lacs d'eaux sallées, il s'y formera un terrain plus élevé, par conséquent montagnes et vallées.

4°. Ces montagnes, ces vallées et ces plaines d'origine primitive, et que nous devons encore considérer sous les eaux, auront été sillonnées par les divers courans des mers, dont nous avons parlé, avant l'apparition des continens. Ces eaux y auront formé quelquefois des angles rentrans et saillans...

5°. L'action des feux sousmarins, des volcans et des commotions souterraines, que tous les phénomènes nous indiquent avoir eu une grande intensité, aura encore produit de grands changemens à la surface du globe, qui, à ces époques, était toujours sous les eaux.

6°. Ces terrains, ainsi formés au milieu des eaux, éprouvèrent des retraites par un dessèchement plus ou moins considérable. Telle est la retraite qu'à subie la couche de la *haute masse*, du plâtre de Montmartre, dite des *hauts pilliers*. C'est une retraite en forme de prismes basaltiques, qui n'a pu s'opérer qu'au sein des eaux des mers. Car on trouve dans des couches, à plus de cent pieds de hauteur au-dessus de celle-ci, des coquilles marines.

7°. Mais il y aura eu des retraites des terrains beaucoup plus considérables. Il se sera formé à la surface du globe des crevasses étendues, semblables à celles qui ont lieu dans un globe con-

sidérable qui se refroidit , ou se dessèche , analogues à celles qui ont lieu dans les glaciers.... Ces fentes auront pu donner lieu à des vallées immenses , telles que la mer Rouge , le sein Per-sique , la mer Adriatique....

8°. Des cavernes intérieures du globe auront pu également s'affaïsser.

9°. Les eaux , qui couvraient le globe à une grande hauteur , se précipitèrent dans ces fentes nouvelles , dans ces cavernes affaïssées.... Le niveau des eaux des mers en fut plus ou moins abaissé.

10. Enfin les premiers pics des continens parurent au milieu de cet immense Océan , et des nouveaux phénomènes se développèrent.

11°. Les courans des mers attaquèrent avec violence ces pics isolés , et les dégradèrent. Les débris en furent entraînés plus loin pour former de nouvelles couches.

12°. Les êtres organisés terrestres parurent sur cette portion des continens....

13°. Leurs débris furent entraînés dans les nouvelles couches qui se formèrent au sein des *eaux-mères* de la cristallisation générale.

14°. Ces nouvelles couches qui contenaient une plus ou moins grande quantité des débris des êtres organisés , étaient calcaires , gypseuses , marneuses , argileuses....

15°. Elles se modelèrent en général sur les couches primitives , soit de première formation , soit de formation postérieure..... : ce qui forma de nouvelles plaines , de nouvelles montagnes , de nouvelles vallées....

16°. Néanmoins quelques-unes de ces nouvelles couches ont pu former des montagnes particulières par une suite de la cris-

tallisation. Il suffit de concevoir que ces nouvelles matières dissoutes, et cristallisant, étaient en plus grande quantité dans un endroit que dans les autres, comme nous l'avons vu dans les lacs d'eaux salées.

17°. Les continens se découvrirent de plus en plus, et furent dégradés,

a. Par les pluies, les frimats;

b. Par les explosions volcaniques;

c. Par les commotions souterraines;

d. Par les affaissemens des cavernes, par les fentes faites de la retraite des terrains;

e. Par l'action des courans.

.

18°. Les grands courans des eaux, dont nous avons parlé, continuèrent à exercer leurs actions, et sur les continens qui étaient découverts, et sur ceux qui étaient encore sous les eaux.

19°. Ces courans apportaient de nouveaux dépôts sur les flancs des montagnes sousmarines.

20°. Quelques-unes de ces substances ainsi transportées étaient dans un état de dissolution, et cristallisèrent : elles formèrent de nouvelles couches de gneis, de schistes, de hornblende....

D'autres fois ce furent des couches calcaires, gypseuses, schisteuses....., contenant des débris des êtres organisés....

21°. Ces dépôts ne formèrent, d'autres fois, que des couches de brèches, de pouddings, de cailloux roulés, des sables...., comme les brèches de la Valorsine....., les pouddings du Riggi.....

22°. Ces nouveaux dépôts ont pu se faire sur le flanc des montagnes de tous les côtés, parce que la direction des quatre

grands courans est continuellement modifiée par des circonstances locales, ainsi que les faits nous l'ont prouvé.

23°. Néanmoins on doit supposer qu'en général l'action des courans sous les zones équinoxiales, s'est exercée dans la direction de l'orient à l'occident.

a. Dans les zones de 20 à 30 degrés de latitude, l'action des courans s'est exercée dans le direction de l'équateur aux pôles.

b. Dans les zones de 40 degrés de latitude, et au-delà, l'action des courans s'est exercée de l'occident à l'orient.

c. Enfin, la direction de ces derniers courans revenus sur les côtes occidentales des continens, s'exerce des pôles vers l'équateur, dans les zones de 45 degrés de latitude et au-delà.

24°. Mais nous avons vu que des causes locales changent très-souvent cette direction des courans. Le courant d'est, par exemple, qui entre dans le détroit de Macassar, entre Bornéo et Célèbes, en ressort dans la direction sud, parce que ce détroit est au sud..... Ces nouveaux courans donneront donc de nouvelles directions aux couches qui se formeront.....

Nous ne donnerons pas, dans ce moment, plus de développement à toutes ces questions, auxquelles nous reviendrons ailleurs, en parlant des différens systèmes de géologie.

SECTION NEUVIÈME.

DE LA MASSE DES EAUX A LA SURFACE DU GLOBE, POSTÉRIEUREMENT A SA FORMATION, ET DE LEUR DIMINUTION.

Tous les phénomènes géologiques, que nous avons exposés jusqu'ici, prouvent, de la manière la plus évidente, que la

masse des eaux, à la surface du globe, dans les premiers instans de sa formation, était assez considérable; mais, depuis cette époque, elles ont constamment diminué. Le niveau des eaux des mers s'est abaissé de plusieurs milliers de toises. Ce sont ces faits que nous allons exposer; nous tâcherons ensuite d'en assigner les causes.

Tous les géologues conviennent que les eaux ont couvert la surface entière du globe. Les sommets des montagnes les plus élevées, où aient pénétré des naturalistes instruits, tels que le Mont-Blanc, le Mont-Rose... élevés de plus de 2,400 toises, les montagnes au Thibet, de 4,000 toises, sont composés de substances cristallisées dans les eaux, comme feldspath, quartz, mica, hornblende...

Les eaux se sont donc abaissées d'une quantité considérable, depuis la formation de ces montagnes.

Cet abaissement s'est opéré successivement, dans des durées que nous n'avons aucuns moyens d'estimer, même par approximation.

Mais, depuis 2500 à 3000 ans, c'est-à-dire, depuis la fondation de Marseille et d'Alexandrie, le niveau des eaux n'a pas changé d'une manière sensible.

Nous allons examiner ces faits en détail.

LA MASSE DES EAUX, A LA SURFACE DU GLOBE, N'A-T-ELLE PAS VARIÉ ?

Cette question peut être envisagée sous différens rapports, et la masse des faits n'est peut-être pas encore assez considérable pour la résoudre.

Plusieurs géologues pensent que la masse des eaux, qui étaient à la surface de la terre n'a pas varié. *Elles ne font*

que changer de place et se porter, disent-ils, d'une contrée à l'autre.

D'autres géologues pensent que cette masse d'eau, qui était primitivement à la surface du globe, a beaucoup diminué, mais qu'une portion s'est enfoncée dans les cavernes intérieures du globe... Ainsi le globe contient toujours la même quantité d'eau, dans cette opinion.

Quelques autres ont dit que les eaux de la surface du globe terrestre ont pu passer en d'autres globes...

Enfin, ceux qui croient que, primitivement, la surface de la terre était à peu près plane, et que les montagnes ont été formées ou par *soulèvement*, ou par *affaissement*, supposent que la masse des eaux a peu varié. Elle se sont réunies dans les grandes vallées creusées par le soulèvement des montagnes.

Il est déjà prouvé, par tous les faits que nous avons rapportés, que cette dernière opinion ne saurait se soutenir; on doit, par conséquent, chercher la cause de l'abaissement du niveau des eaux, dans une des autres suppositions dont nous venons de parler.

DES PREUVES GÉOLOGIQUES, ET HISTORIQUES DE LA DIMINUTION DES EAUX, A LA SURFACE DU GLOBE.

Puisque les sommets des plus hautes montagnes ont été couverts par les eaux, et qu'aujourd'hui, le niveau de ces mêmes eaux se trouve à plus de trois ou quatre mille toises au-dessous de ces sommets, on en doit conclure que ce niveau s'est abaissé au moins de ces trois à quatre mille toises; je dis au moins, parce qu'il n'est pas douteux que ces eaux surpassèrent beaucoup ces sommets.

Un autre fait fournit une preuve qui n'est pas moins concluante, pour constater la diminution des eaux des mers. Toutes les substances minérales de la croûte du globe ont été dissoutes par différens menstrues aqueux, et ont cristallisé, soit d'une manière régulière, soit d'une manière confuse. Or, elles exigent une quantité considérable d'eau pour être tenues en solution. Une partie de gypse n'y est tenue que par 600 d'eau ; une partie de spath calcaire exige peut-être plus de 2000 parties d'eau, pour être tenue en solution. L'appatit, le witherite, le barytite, le quartz, le feldspath... en exigent de grandes quantités.

Néanmoins, toute la masse des eaux des mers actuelles répandues sur la surface du globe, n'y formerait qu'une couche de 700 ou 800 pieds environ. Elle eût, par conséquent, été insuffisante, pour tenir en solution toutes les substances minérales. Il s'ensuit donc que le volume des eaux qui ont été primitivement sur la surface du globe, était beaucoup plus considérable qu'il ne l'est aujourd'hui, et que, par conséquent, elles ont diminué d'une quantité prodigieuse.

La tradition confirme également cet abaissement du niveau des mers. Les témoignages des auteurs anciens ne laissent aucun doute à cet égard. Le lecteur, voyant les preuves historiques réunies aux faits physiques, se convaincra de plus en plus des vérités que j'ai cherché à lui développer.

Nous avons deux mers principales, dont la retraite des eaux, ou l'abaissement de leur niveau, est assez bien établie par les témoignages historiques. Ce sont la mer Caspienne et la Méditerranée, parce que des peuples policés ont habité leurs bords, et nous ont transmis ces faits.

Hérodote rapporte, livre second, que les prêtres de Vulcain lui dirent :

« Que, du tems de Menès, toute l'Égypte était un marais,

» excepté le pays de Thèbes ; qu'il ne paraissait rien au delà de
 » l'étang de Mœris , jusqu'où il y a sept journées de chemin ,
 » en remontant la rivière ».

Persuadé de la vérité de l'opinion des prêtres d'Égypte , Hérodote rapporte , pour prouver que la mer avait couvert une partie de ces contrées , qu'elles sont remplies d'eaux salées , lesquelles rongent les bases des pyramides , qui sont au-dessus de Memphys.

« Ainsi, les prêtres me disaient continuellement, ajoute-t-il,
 » que tout cet espace qu'on voit , entre les montagnes dont j'ai
 » parlé (les deux chaînes qui bordent le fleuve , l'une du côté
 » de la mer Rouge , et l'autre du côté de la Lybie), était un
 » accroissement que la rivière avait fait pour l'Égypte. En effet,
 » il me semble que tout cet espace , qu'on voit entre les mon-
 » tagnes dont j'ai parlé , et qui sont au-dessus de Memphys , a
 » été autrefois un bras de mer.

» J'ai le même sentiment des campagnes qui sont à l'entour
 » d'Ilion , de Theutrame , d'Ephèse , et de la plaine du
 » Méandre ».

» Il y a , dans l'Arabie , non loin de l'Égypte , un bras de
 » mer , qui sort de la mer Rouge , qui est long et étroit.. Il a ,
 » de longueur , quatre journées. Il s'y fait , chaque jour , un
 » flux et reflux , et même un combat des eaux avec les eaux. Au
 » reste , je crois qu'il y en avait un tout de même , qui traver-
 » sait l'Égypte , et qui allait de la mer Septentrionale vers
 » l'Éthiopie , comme celui dont j'ai parlé , du midi de la Syrie.
 » Il s'en fallait peu que ces deux bras n'eussent la même éten-
 » due , et ils n'étaient séparés l'un de l'autre que par un petit
 » espace de terrain ».

Diodore de Sicile avait la même opinion. « Les Ethiopiens
 » disent que les Égyptiens sont une de leurs colonies , qui fut

» menée en Egypte par Osiris. Ils prétendent que ce pays n'était, » au commencement du monde, qu'une mer ». *Diodore, liv. 3, chap. 2.*

Auprès du temple de Jupiter Ammon, on voit encore différentes dépouilles de vaisseaux brisés, et des petites colonnes ornées de dauphins, avec cette inscription :

Cyrénéens partis pour les grands jeux.

Or, ce temple est aujourd'hui éloigné de la mer, de trente à quarante lieues.

Toute la côte de Barbarie, depuis Maroc, jusques en Egypte, est couverte de sables, et ces sables se trouvent quelquefois à une distance de plus de cinquante à soixante lieues de la mer.

Il y a également des sables, dans l'intérieur de l'Afrique, à la distance de plusieurs centaines de lieues de la mer.

Des sables s'étendent de la Syrie à l'Euphrate, en Perse...

Nous pouvons donc en tirer les mêmes conséquences que Hérodote, ou plutôt les Egyptiens, et dire que ces sables indiquent le séjour des eaux dans ces contrées.

Il ne paraît pas moins certain que l'étendue de la mer Caspienne a été beaucoup plus considérable qu'elle ne l'est aujourd'hui.

Strabon dit que la mer Caspienne communiquait avec l'Océan septentrional.

Pline avait la même opinion. Voici ses paroles : *Erumpit ex schitico Oceano in aversâ Asiâ.*

Le savant géographe *Delisle* a donné, dans les mémoires de l'Académie des Sciences de Paris, année 1721, une dissertation fort savante, sur l'étendue de la mer Caspienne. Il y a joint une

carte de cette mer, d'après les observations rapportées dans l'almageste de Ptolomée. Cet astronome donnait à la mer Caspienne vingt-trois degrés et demi, d'orient en occident, c'est-à-dire, quatre fois plus qu'elle n'a aujourd'hui; tandis que du nord au sud, il lui donnait presque moitié moins que ne trouvent les géographes modernes.

Ptolomée avait déterminé l'embouchure du Volga, dans cette mer, à 49 degrés de latitude; et aujourd'hui on ne la trouve qu'à 46 degrés.

Abufedn, auteur arabe, qui vivait dans le dixième siècle, déterminait les dimensions de la mer Caspienne. Il lui donna moins d'étendue d'orient à l'occident que les anciens géographes; mais il lui en donne beaucoup plus qu'eux du nord au sud, et moins que les modernes.

Pomponius Mela dit que la mer Caspienne est formée par un détroit qui a beaucoup de longueur.

Les observations les plus récentes et les plus exactes qu'on ait sur cette mer, ont été faites par *Beauchamp*. Il lui donne beaucoup plus de longueur du nord au sud, et moins de l'orient à l'occident, qu'aucune des mesures anciennes.

On ne peut guère douter, d'après l'inspection des lieux actuels, que le lac *Aral* ne fût anciennement partie de la mer Caspienne: ce qui avait fait dire aux anciens que l'Oxus se déchargeait dans cette mer; au lieu qu'aujourd'hui son embouchure est dans le lac *Aral*, lequel n'est plus contigu avec la Caspienne.

Nous rapporterons ailleurs des faits nombreux qui prouvent que ces deux mers ont été, dans des tems antérieurs, beaucoup plus étendues qu'elles ne le sont aujourd'hui.

Plusieurs faits paraissent également indiquer que la Caspienne communiquait à la Méditerranée.

Le capitaine Wilford a fait voir (1) que l'Indoustan a dû ; dans des tems antérieurs , former une île , comme le fait Ceylan aujourd'hui. « La première des sept grandes îles , dit-il, dont se compose le système des Hindoux , est *Yambou* , ou l'Inde , qui effectivement paraît , à l'inspection de sa forme , avoir été une île véritable. » Les eaux des mers se joignaient par le lit actuel de la *Yomma* , par les bassins où coulent l'Indus et le Gange.

Tous ces faits ne permettent pas de douter que le niveau des mers ne se soit abaissé.

Mais la vérité exige que nous rapportions d'autres faits qui paraîtraient prouver que le niveau des mers s'élève plutôt qu'il ne s'abaisse.

Les habitans de Ceylan disent que leur île a été séparée du continent par une éruption des eaux , et que dans ce moment la mer envahit plus de 30 à 40 lieues à l'Ouest de l'île.

Les Malabares assurent que les maldives tenaient autrefois au continent. Ils en apportent comme une preuve évidente l'existence de cocotiers , qui sont dans ce moment sous les eaux , et dont il se détache de tems à autre des cocos qui viennent nager sur leur côtes.

Calecut était une ville florissante , il n'y a pas longtems , et aujourd'hui les barques mouillent sur une partie de ses ruines.

Les eaux de l'Océan paraissent aussi envahir sur les côtes du Mexique : le grand enfoncement de ce golfe , la multitude d'îles qu'il renferme , sont autant de témoignages de l'invasion des eaux.

On pourrait même dire en général que toutes les îles qui sont si nombreuses entre les tropiques , depuis les côtes

(1) *Journal de Physique* , tom. 65 , pag. 116.

orientales de l'Asie, jusqu'aux côtes occidentales de l'Amérique, et ensuite celles qu'on trouve dans le golfe du Mexique, dans l'Océan atlantique, et jusques sur les côtes occidentales de l'Afrique, sont les sommets élevés des terrains qui sont submergés sous les eaux.

La mer Rouge est, suivant tous les voyageurs, plus élevée que la Méditerranée; ils assurent que si on ouvrait entre ces deux mers l'isthme de Suez, la première verserait ses eaux dans la seconde: nous avons vu que cette élévation paraît être environ de trente pieds.

La même chose s'observe au détroit de Gibraltar: il y a un courant qui vient de l'Océan et emporte les eaux dans la Méditerranée.

PLUSIEURS FAITS paraîtraient prouver que le niveau des eaux de la Méditerranée s'élèvent.

Antise, *Pharos* et *Tyr* étaient autrefois des îles, suivant *Pythagore*, et tiennent aujourd'hui au continent, disait *Ovide*.

Le détroit de Messine avait été ouvert par des secousses de tremblement de terre, suivant d'anciennes traditions rapportées par *Pythagore*.

Manfredi a observé qu'à Venise et à Ravenne les eaux sont plus hautes aujourd'hui qu'elles n'étaient il y a quelques siècles. On a été obligé d'élever le pavé de la cathédrale de Ravenne, ainsi que celui de la place de Saint-Marc, à Venise. Tous les bas du palais ducal, à Venise, sont aujourd'hui dans les eaux.

Plancus a également constaté aux digues du port de Venise que la mer s'y est élevé.

Bridome a fait la même observation sur les côtes de l'île de Malte. Des chemins creusés dans le roc, pour arriver à la mer, sont aujourd'hui baignés de ses eaux.

Pini dit que les eaux gagnent sur les côtes de l'île d'Elbe. Il a

vu les restes d'une petite maison qui se trouve actuellement dans les eaux de la mer.

Le pavé de l'ancien temple de Sérapys, proche Pouzol, est trois pieds au-dessous du niveau des eaux de la mer, suivant Barral; et le temple des Nymphes, près du même endroit, est au milieu des flots.

Gensane rapporte que sur la côte de Provence, il y a aujourd'hui plusieurs ouvrages de main d'hommes ensevelis dans la mer. Cauvy faisait creuser dans l'étang de Thau pour des ouvrages publics. On trouva, à quinze pieds de profondeur, de la résistance. Les plongeurs qu'on y fit descendre assurèrent que c'étaient les murs d'un canal navigable. Il est à présumer qu'il y a eu sur le terrain de cet étang une ville considérable. (*Histoire du Languedoc*, tome 11, pages 157 à 160.)

Pockoke dit qu'à deux milles d'Alexandrie on aperçoit dans la mer les ruines d'un ancien temple. (*Voyage en Egypte*, tom 1, pages 4 et 80.)

La mer paraît avoir anticipé sur l'île de Délos. « L'eau étant » claire, nous eûmes la commodité de voir les restes de beaux » édifices en des endroits, où les poissons nagent à leur aise, » sur lesquels les petits vaisseaux des contrées voguent pour arriver à la côte. » (*Voyage en France et en Italie*.)

Fortis a recueilli un grand nombre de faits, qui prouvent l'élevation des eaux sur les côtes de la Dalmatie. (*Voyage en Dalmatie*.)

Auprès de Makarska, dit-il, on voit sur les rochers une inscription romaine, qui annonce qu'il y avait des jardins, un vignoble..., et aujourd'hui cette inscription est à moitié dans les eaux, et il n'existe rien de ce qu'elle indique.

Tout le long du golfe de la côte de Myscène, et des baies,

dans la mer de Naples, on voit des preuves non-équivoques que les eaux de la mer s'y sont élevées.

Les mêmes phénomènes se présentent sur nos côtes de l'Océan. On observe distinctement que le niveau des eaux paraît s'y être élevé dans plusieurs endroits depuis Saint-Jean-de-Luz jusqu'à Embden.

Palassou (*Voyage aux Pyrénées*) dit que Saint-Jean-de-Luz manqua d'être submergé en 1777, et ses digues, ajoute-il, ne pourront conserver long-tems cette malheureuse cité, et la préserver d'une ruine totale.

L'île de Noirmoutier, proche les sables d'Olonne, ne peut se défendre des flots que par ses digues, qui sont sans cesse entamées.

Bomare rapporte qu'auprès de la Tranche, dans le ci-devant Poitou, la mer s'est tellement avancée, qu'on a été obligé d'en abandonner l'église. (*Dictionnaire d'Histoire Naturelle.*)

Toutes les parties élevées de cette côte sont rongées par les flots.

Dicquemare a observé qu'auprès du Havre la mer s'avance dans les terres. La butte, sur laquelle est placé le fanal, est sans cesse dégradée par les lames de la mer.

La Hollande serait submergée sans ses digues. On a même vu souvent la mer les surmonter, et inonder une partie de ce beau pays. Les habitans conservent le triste souvenir de ces différentes irruptions, qui ont coûté la vie à un grand nombre de leurs concitoyens.

Le comté de Kent, en Angleterre, a subi de pareilles inondations.

Dans le même tems que la mer semble envahir à l'équateur, et dans les Zones tempérées, continuent ces mêmes physiciens,

elle abandonne du côté des pôles : la Baltique , sur laquelle les savans du Nord ont fait de nombreuses observations , diminue suivant eux , et s'abaisse journellement.

Celsius a recueilli un grand nombre de faits qui lui ont paru constater cette diminution. Plusieurs détroits , par lesquels on passait autrefois , sont aujourd'hui impraticables. Des rochers qui étaient à fleur d'eau , ou sous l'eau , sont actuellement fort élevés au-dessus des eaux.

Plusieurs terrains , qui étaient des îles , sont actuellement au milieu des continens. On voit à Nodhen , en Bohus , des anneaux de fer , auxquels on attachait les vaisseaux.

Le célèbre *Linné* , a vu les mêmes faits que *Celsius* , et il y en a ajouté de nouveaux (1) ; il dit article 33 : « Les habitans de la » Bothnie septentrionale ont observé sur des pierres , que » leur mer décroît tous les siècles de quatre pieds cinq doigts , » d'où il s'ensuit que cette mer était , il y a six mille ans , plus » élevée de 240 pieds qu'aujourd'hui. »

Le Limfiord , qui communiquait , il y a quelques siècles , de la mer Baltique à la mer d'Allemagne , en coupant le Holstein , est aujourd'hui entièrement fermé (*Mallet* , *Histoire de Danemarck*).

Nous avons vu une multitude de faits , qui ne permettent guère de douter que le nord de l'Asie a été couvert par les eaux , soit par la mer du Nord , soit par la mer Caspienne , et la mer Noire.

Les grands lacs , qui existent encore dans les parties septentrionales de l'Europe , de l'Asie et de l'Amérique , annoncent que les mers ne s'en sont retirées que depuis un certain nombre

(1) *De telluris incremento.*

de siècles. Car autrement ces lacs auraient disparu déjà, comme il en disparaît tous les jours, soit qu'ils se combent, soit qu'ils coupent leurs digues.

Enfin, le courant constant des eaux des mers du Nord, vers le Midi, le transport de leurs glaces dans la même direction... confirment que les eaux abandonnent le Nord, pour envahir les contrées situées entre les tropiques...

Tels sont les principaux faits sur lesquels s'appuient les géologues, qui soutiennent que les eaux abandonnent les contrées polaires, pour se porter vers l'équateur et inonder les régions équinoxiales.

Mais plusieurs de ces faits ont été contestés par de bons observateurs. Ils en ont opposé d'autres, qui paraissent contraires à ceux-ci. Il faudrait donc que des gens éclairés et impartiaux vérifiasent de nouveau tous ces faits et en fissent un rapport exact.

Aux faits que nous venons de rapporter, pour prouver que les eaux s'élèvent journellement dans les zones équinoxiales et tempérées, on en oppose d'autres qui paraissent contraires à cette opinion. Carthage, Alexandrie, Aigues-Mortes... ports célèbres il y a plusieurs siècles, sont aujourd'hui plus ou moins éloignés de la mer.

Mais les conséquences qu'on pourrait tirer de ces derniers faits sont détruites par un autre fait, qui est positif, et qui prouve que dans ces régions le niveau des eaux de la méditerranée n'a pas changé depuis quelques siècles. Le port de Marseille est construit depuis environ deux mille trois cents ans. Les eaux paraissent néanmoins s'y tenir à peu près à la même hauteur, et leur niveau ne paraît ni avoir baissé, ni avoir haussé d'une manière sensible.

Dolomieu a fait la même observation à Alexandrie; le niveau

des eaux du port ne lui a pas paru avoir changé d'une manière sensible depuis Alexandrie (1).

Ces faits, qui sont bien constatés, assurent que depuis plus de vingt-cinq siècles le niveau des eaux de la Méditerranée n'a pas changé sensiblement sur ces côtes. Il ne saurait par conséquent avoir changé d'avantage sur les autres. Tous les faits, qu'on pourrait citer comme contraires à ceux-ci, doivent donc dépendre d'autres causes. Je vais en assigner quelques-unes.

La première dépend des attérissemens. Cette cause est très-active, et on doit lui attribuer plusieurs faits célèbres, qu'on regardait comme des preuves évidentes de la diminution des eaux des mers, et de leur abaissement.

Carthage, Alexandrie, Aigues-Mortes... étaient des ports considérables, il y a peu de siècles; et aujourd'hui ils sont à une distance plus ou moins éloignée du rivage. Mais il n'est pas douteux que cet éloignement apparent n'est dû qu'aux attérissemens et aux sables accumulés sur la côte: car en creusant dans ces sables, on y pratique des canaux qui amènent l'eau à leur ancien niveau, comme cela se pratique à Aigues-Mortes. Ainsi il n'est pas douteux que le niveau des eaux n'y a pas changé sensiblement. C'est le torrent de Vistre, d'un côté, et les flots de la mer de l'autre, qui ont produit l'attérissement d'Aigues-Mortes.

A Alexandrie, le Nil d'un côté, et les vagues de la Méditerranée de l'autre, ont comblé une partie de l'ancien port.

En Hollande, les grands fleuves d'un côté, et de l'autre, les sables apportés par l'Océan, forment les dunes de ces contrées, comblent le Zuiderzée, et produisent ces bancs de sables, qui s'étendent jusques sur les côtes de l'Ecosse.

(1) *Journal de Physique*, tom. 40.

Il n'est donc pas plus prouvé que les eaux se soient retirées ou élevées à Alexandrie, qu'il n'est prouvé qu'elles se sont élevées ou abaissées sur les côtes de Hollande.

Et ce qui paraît bien confirmer cette opinion, c'est que sur la même côte, la mer paraît s'élever dans un endroit, et s'abaisser dans un autre. Ainsi sur les côtes de France, les eaux paraissent s'élever à Saint-Jean-de-Luz, et s'éloigner à Bayonne : elles paraissent s'élever au Havre, à Boulogne, et s'abaisser à Dun-kerque. Plusieurs causes concourent à ces abaissemens ou élévations apparentes.

1^o. A l'action des flots de la mer sur les côtes.

Blondeau, qui avait beaucoup travaillé aux digues construites sur ces rivages de l'Océan, fait voir tous les effets opposés qui sont produits par cette cause. « Il est de notoriété publique à » Calais, dit-il, que la mer s'éloigne et se retire de tous les » endroits où la côte est plate, par la quantité de sable que les » flots y apportent ; tandis qu'elle gagne dans les lieux où la » côte est fort escarpée. Elle y bat avec force, ses flots ron- » gent, démolissent... ces buttes, et avancent dans les terres. » (*Journal de Physique.*)

Les flots, dans les mouvemens de tempête, ou de gros tems, apportent, sur la côte qui est plate, une grande quantité de sables qu'ils y abandonnent, et dès-lors la côte paraît être élevée ; les eaux, dans leurs mouvemens ordinaires, ne peuvent atteindre cette hauteur...., et il semble que la mer se retire et s'éloigne du rivage.

2^o. L'affaissement de terrains marécageux peut encore produire des effets qui induiraient en erreur l'observateur peu attentif.

A Venise, le palais ducal, la place de Saint-Marc... sont enfoncés dans les eaux ; on a été obligé de relever le sol de cette dernière. Or, on sait que Venise a été construite sur un terrain

fangeux. On ne peut donc douter que ce terrain ne se soit affaissé.

Ravennes est dans le même cas. Son sol ancien, qui paraît être plus bas que le niveau actuel des eaux, paraît s'être affaissé.

On en peut dire autant de la Hollande, dont tout le terrain est marécageux et rempli de tourbes.

3°. L'action des commotions souterraines, opérées par les volcans et les tremblemens de terre, a pu également abaisser des terrains et en soulever d'autres sur les côtes des mers, ce qui, au premier coup-d'œil, fait croire que le niveau des eaux a changé.

Toutes les côtes de l'Italie méridionale ont été singulièrement tourmentées par les feux souterrains et les tremblemens de terre. On ne doit donc pas être surpris que tel terrain paraisse s'être affaissé, tandis que tel autre paraît s'être élevé.

« On peut faire, dans le golfe de Baja (près Naples), dit » Breislac (1), des observations propres à démontrer également » vraies, trois opinions bien contradictoires : la première, que » du commencement de l'ère chrétienne, jusqu'à ce jour, le » niveau de la mer est resté le même ; la seconde, que ce ni- » veau s'est fort exhaussé ; la troisième, qu'il s'est beaucoup » abaissé.

» a. La première opinion s'appuie sur ces antiques fabriques » du rivage de Baja, dont la construction prouve qu'elles » étaient destinées à prendre des bains de mer (du tems » des anciens), usage auquel elles pourraient encore servir au- » jourd'hui.

(1) *Voyage dans la Campanie*, tom. 2, pag. 159.

» *b.* La seconde se soutient sur les faits suivans :

» Dans le golfe de Baja, et assez loin du rivage, on voit,
» sous les eaux, une ancienne voie.

» Près du lac Lucrin, sont d'antiques édifices appartenans au
» Port Jules construit par Agrippa, qui sont aujourd'hui cou-
» verts par la mer.

» Au pied du Monte-Nuovo, se voyent dix colonnes de gran-
» nit, encore en pied sur leurs bases, qui, vraisemblablement,
» appartenaient au temple des Nymphes, et sont aujourd'hui
» presque'entièrement couvertes par la mer.

» Le niveau du temple de Serapys est maintenant un peu
» plus bas que le niveau de la mer, dans les hautes marées, en-
» sorte que, pour en évacuer les eaux, qui se rassemblent dans
» son enceinte, par l'effet des pluies, il a fallu y établir une
» pompe.

» *c.* La troisième opinion, diamétralement contraire à la
» précédente, a en sa faveur les observations suivantes (qui
» paraîtraient prouver que le niveau de la mer s'est exhaussé.

» A la base de Monte-Nuovo sont des ruines de fabriques an-
» tiques, probablement dépendantes du port Jules, à la surface
» desquelles, jusqu'à environ deux mètres au-dessus du niveau
» actuel de la mer, on voit des coquilles et dépouilles de
» corps marins. Beaucoup de ces testacés sont dans des niches
» faites dans le tuf et dans le ciment des murs; et comme les
» orifices de ces cavités sont moindres que le volume de la
» coquille qu'elles logeaient, il est clair que ces animaux y sont
» nés et grandis, et que la mer, conséquemment, couvrait ces
» fabriques à cette hauteur. Cette observation est due au natu-
» raliste Pini.

» Dans le temple de Serapys, sont trois grandes colonnes

» de marbre cypolin , encore debout sur leurs bases , qui pré-
 » sentent des trous de corps marins , à une hauteur de 5 mètres
 » 196 millimètres (seize pieds) , au-dessus du niveau actuel
 » de la mer ».

Diodore de Sicile dit que , sur la côtes de la Samothrace (île de Délos) , des pêcheurs tiraient de leurs filets des chapiteaux de colonnes.

Sur la côte de Délos , on distingue , au fond de la mer , des vestiges de bâtimens.

Gensone croit que l'étang de Thau , sur les bords de la Méditerranée , et qui n'est pas éloigné d'Aigues-morte , était le cratère d'un volcan , et qu'il s'est affaissé.

Les Maldives , et une partie de l'Archipel indien , ont été très-agitées par des feux souterrains et des tremblemens de terre. Quelques endroits ont donc pu s'y affaisser , tandis que d'autres s'y seront élevés.

4°. Des causes locales peuvent faire paraître le niveau de telle mer plus élevé que celui de telle autre.

Le niveau de la mer Rouge paraît plus élevé de trente pieds que celui de la Méditerranée ; et les eaux de la première se verseraient dans la seconde , si on ouvrait un canal de communication par l'isthme de Suéz. On en peut trouver la cause physique dans la position de la mer Rouge. Elle doit être regardée comme un golfe profond , dont l'entrée est très-étroite , et située à douze degrés de l'équateur. Cette mer est agitée par des vents violens qui portent les eaux des environs de l'équateur vers le fond du golfe , et les y tiennent élevées. Les hautes marées qui s'y font sentir produisent le même effet. Il n'est donc pas surprenant que ses eaux , à Suéz , ne soient plus élevées que celles de la Méditerranée. On a estimé que cette élévation est environ de trente pieds.

5°. L'action des vents variables produit les mêmes effets sur plusieurs côtes.

Il est prouvé que les invasions des eaux de la mer, sur les côtes de la Hollande, sont produites par l'action de vents violens.

La même action produit des phénomènes analogues sur plusieurs autres côtes....

Nous pouvons tirer de tous les faits qui viennent d'être exposés deux conséquences importantes.

1°. La première est que les eaux ont diminué d'une quantité très-considérable à la surface du globe, et que leur niveau est abaissé de plusieurs milliers de toises.

2°. La seconde conséquence que nous pouvons tirer de ces faits, est que depuis deux à trois mille ans environ cet abaissement du niveau des eaux des mers n'a pas été sensible, puisque le niveau des eaux n'a pas changé depuis cette époque dans les ports d'Alexandrie, de Thyr, de Marseille, de Cette....

3°. Des circonstances locales ont produit dans divers endroits des effets qui paraissent opposés.

DE LA CAUSE DE L'ABAISSEMENT DU NIVEAU DES EAUX DES MERS.

Puisque tous les faits que nous venons d'exposer ne permettent pas de douter de l'abaissement du niveau des eaux des mers, il faut chercher les causes de ce singulier phénomène. C'est un des problèmes des plus difficiles de la Géologie. Il n'est donc pas surprenant que les savans n'aient point encore d'opinions fixées à cet égard. On peut réduire leurs sentimens à sept principaux.

1. Les uns soutiennent que la masse des eaux a peu varié, parce qu'elle abandonne des terrains pour en envahir d'autres.
2. D'autres pensent que les eaux peuvent se changer en terre.
3. Ceux-ci veulent que les eaux puissent se changer en airs.
4. Ceux-ci veulent que les eaux puissent demeurer suspendues dans l'atmosphère.
5. Ceux-là croient que les eaux se sont enfouies dans le sein du globe.
6. Enfin de sixièmes pensent que les eaux ont passé dans d'autres globes.
7. Il reste une septième question à examiner, c'est de savoir si cette retraite des eaux s'est faite précipitamment, ou si elle s'opère lentement et successivement.

Nous allons examiner ces différentes opinions.

LA MASSE DES EAUX A LA SURFACE DE LA TERRE A ÉPROUVÉ DE GRANDES VARIATIONS.

Tous les faits que nous avons rapportés ne permettent pas de douter que la masse des eaux, à la surface du globe, n'ait éprouvé de grandes variations. Il serait inutile de les exposer de nouveau.

LES EAUX PEUVENT - ELLES SE CHANGER EN AIRS ?

Différens physiciens croient que l'eau peut se convertir en airs, et qu'elle est composée de 0,85, ou 0,87, d'air inflammable, et de 0,15, ou 0,11, d'air pur. On pourrait donc

supposer qu'une partie de l'eau s'est décomposée, et s'est répandue, sous forme de ces airs, dans l'atmosphère, dont elle a augmenté la masse et le volume.

Mais l'atmosphère entière n'équivaut en poids qu'à une couche de trente deux pieds d'eau. Ainsi, en supposant même que l'eau peut se convertir en airs, cela ne résoudrait point la question.

On sait que je regarde cette opinion de la composition de l'eau, comme dénuée de preuves suffisantes.

LES EAUX PEUVENT - ELLES SE CHANGER EN TERRES?

Un grand nombre de savans a cru, et croit encore que l'eau peut changer de nature.

Les uns ont dit qu'une portion des eaux qui sont sur le globe, s'était changée en terre. C'était l'opinion de Boyle, de Newton, et de la plupart des physiciens de cette époque. Cette hypothèse ne pourrait résoudre la difficulté, car, en admettant même cette conversion de l'eau en terre, cette terre occuperait la même place que les eaux, et aurait dès-lors comblé toutes les vallées qui étaient remplies par les eaux.

On peut objecter, à la vérité, que la densité de l'eau est inférieure à celle des pierres et des terres, et que, par conséquent, ces terres et ces pierres, qui auraient été produites par la conversion de l'eau en terres, occuperaient moins d'espace que ne faisait l'eau elle-même.

Je réponds que la différence n'est pas assez considérable, puisque ces terres et ces pierres ne sont environ que deux ou trois fois plus pesantes que l'eau. Par conséquent, elles occupe-

raient toujours une grande partie de l'espace où les eaux, dans cette hypothèse, étaient autrefois contenues.

Mais il est inutile d'insister sur cette hypothèse, puisque toutes les expériences actuelles paraissent indiquer que l'eau ne saurait se convertir en terre.

Il n'a donc dû disparaître d'autre eau que celle de cristallisation, c'est-à-dire, celle qui entre dans la cristallisation des différentes pierres, et des différens minéraux, et, pour lors, ces substances occupent la place que remplissait cette eau.

Mais l'eau de cristallisation des différentes substances minérales, n'est pas considérable, d'après toutes les analyses qu'on en a faites.

UNE PARTIE CONSIDÉRABLE DES EAUX PRIMITIVES PEUT - ELLE DEMEURER SUSPENDUE DANS L'AT- MOSPHÈRE.

Les faits, que nous venons de rapporter, ne permettent pas de soutenir cette opinion. Car nous avons vu que le poids entier de l'atmosphère n'équivaut qu'à trente-deux pieds d'eau. La portion d'eau, qui pourrait y être suspendue, serait donc très-peu considérable.

LES EAUX DE LA SURFACE DE LA TERRE PEU- VENT-ELLES PASSER EN D'AUTRES GLOBES ?

Maillet a avancé que les eaux ont pu passer en d'autres globes.

Il a dit, tome 2, page 112, *Telliamed* :

« La diminution des eaux de nos mers procède d'une véritable évaporation, qui les élève vers d'autres globes ».

On a cru assez généralement que cela n'est pas possible, dans l'état actuel des choses, parce que, à une petite distance de la surface du globe, il règne un froid excessif, qui ne paraîtrait pas permettre l'évaporation. Cependant, nous avons plusieurs faits qui semblent contraires à cette hypothèse.

1°. L'atmosphère terrestre a une plus grande élévation qu'on ne le suppose ordinairement, ainsi que nous l'avons prouvé. Elle pourrait donc favoriser l'évaporation d'une plus grande quantité d'eau, qu'on ne le suppose ordinairement.

2°. Le froid n'empêche point l'évaporation; car la glace, la neige, et l'eau elle-même, perdent considérablement par l'évaporation, même pendant les froids les plus vifs.

3°. L'évaporation de l'eau peut même avoir lieu dans un air très-raréfié; car l'eau s'évapore sous le récipient de la machine pneumatique, où on a fait le vide le plus parfait qu'on puisse faire. On en doit conclure que l'eau pourrait encore s'évaporer au-delà des dernières limites de l'air atmosphérique.

Si on suppose que l'atmosphère terrestre est contigue avec l'atmosphère des autres globes, qu'elle en soit enveloppée de toutes parts, et que celles-ci puissent vraisemblablement, comme elle, favoriser l'évaporation de l'eau, on sentira qu'il est encore moins difficile de supposer que l'eau, qui est sur notre globe, puisse s'évaporer hors de la sphère de l'atmosphère terrestre.

Mais en supposant que cette évaporation ait lieu, il est difficile d'en déterminer les limites; car nous n'avons aucunes données à cet égard.

Newton suppose que des vapeurs peuvent s'élever du soleil, des étoiles, des comètes... se condenser ensuite, et retomber sur les planètes :

Les vapeurs peuvent s'élever des planètes et par conséquent de la terre...

Mais cette hypothèse de Newton n'est pas appuyée sur des faits suffisants...

On peut donc conclure de ces faits que les eaux de la surface de la terre ne peuvent pas passer dans les autres globes, au moins en une certaine quantité.

LES EAUX DE LA SURFACE DE LA TERRE SE SONT ENFOUIES DANS L'INTÉRIEUR DU GLOBE.

Il faut donc revenir à la première hypothèse que nous avons rapportée, et dire que la majeure partie des eaux, qui a disparu de dessus la surface de la terre, s'est enfouie dans *les cavernes intérieures*. Je suppose que cet enfouissement s'est opéré plus particulièrement à mesure que le globe s'est refroidi, parce que *sa surface a dû dans ces momens se fendre en plusieurs directions*.

Car il faut distinguer deux espèces de cavernes dans le globe. Les unes ont été produites lors de la cristallisation générale de sa masse : les autres l'ont été postérieurement par des causes locales.

La formation des cavernes primitives présente des difficultés assez considérables ; car, soit que la cristallisation générale ait été aériforme, ainsi que nous l'avons prouvé, soit qu'elle ait été opérée dans la masse des eaux, on peut concevoir qu'il ait pu se former dans l'intérieur du globe des cavernes où l'eau n'ait pas pénétré, et qui soient remplies de fluides élastiques.

Car on peut supposer que la chaleur centrale du globe était assez considérable dans les parties les plus profondes pour ré-

duire l'eau à l'état aériforme. Cette hypothèse n'est point contraire aux faits.

Il est encore possible que ces cavernes aient été remplies de fluides aériformes d'une autre manière. Quelques-unes de ces cavernes auront pu être fermées à leur partie supérieure et ouvertes à leur partie inférieure ou latérale. Supposons les remplies d'eau. Dans l'action réciproque d'un aussi grand nombre de substances, il doit s'opérer des dégagemens de fluides aériformes. Si des acides puissans, par exemple, viennent à rencontrer des combinaisons d'acides plus faibles, des pierres calcaires, des fluors... ces derniers acides seront dégagés par l'action des premiers; ces acides, réduits à l'état aériforme, pourront, par des circonstances locales, pénétrer dans les cavernes dont nous venons de parler. Ils en chasseront les eaux, dont ils prendront la place.

Ces fluides élastiques ainsi enfermés, pourront ensuite perdre de leur volume par plusieurs causes.

1°. La plupart des fluides élastiques sont absorbés par l'eau dans un tems plus ou moins considérable : l'air pur, l'air inflammable, l'air impur, le gaz acide carbonique, et la plupart des acides à l'état aériforme... éprouvent des diminutions plus ou moins considérables, lorsqu'ils séjournent sous l'eau.

A mesure que ces fluides perdront de leur volume, l'eau occupera leur place, et par conséquent diminuera à la surface de la terre.

2°. Ces mêmes fluides élastiques, enfermés dans ces cavernes, seront comprimés par tout le poids de l'eau supérieure : ils feront effort contre les parois de ces cavernes; et s'il s'y fait quelques crevasses, ils s'en échapperont, et produiront des vents... comme dans les volcans d'air...

3°. Enfin, le froid fait éprouver aux fluides aériformes une

condensation beaucoup plus considérable qu'aux autres corps. Or, la masse du globe se refroidissant continuellement, ces fluides se condenseront par conséquent d'une quantité plus ou moins considérable, et occuperont moins d'espace.

Mais indépendamment de ces cavernes intérieures, qui auraient été produites dans les instans de la première cristallisation du globe, il a dû s'en former d'autres postérieurement, par différentes causes.

a. Le refroidissement du globe, surtout à ses parties extérieures, a été suffisant pour produire des vides, et des cavernes, où se seront placées les eaux qui ont disparues à sa surface : car le centre du globe conservant plus longtems sa chaleur, la surface aura dû se gercer, et il s'y sera creusé des fentes plus ou moins considérables dans lesquelles les eaux auront pu s'enfouir.

Il est certain qu'une sphère de 2865 lieues de diamètre, comme le globe terrestre, qui a un assez haut degré de chaleur, et qui se refroidit à son extérieur, doit se gercer à cette surface, et qu'il doit s'y produire des fentes considérables, ou de grands écartemens, qui pénétreront à une profondeur plus ou moins grande, et produiront des vides considérables.

Ces fentes auront été produites par les mêmes causes que celles qui produisent des fentes dans les glaciers (tom 1 page 114).

Cette cause a pu produire des vallées plus ou moins profondes, et des écartemens, tels que ceux qui servent aujourd'hui de bassins à différentes mers : soit Méditerranées, comme la mer Rouge, la Méditerranée, la Baltique, le sein Persique... soit à de grandes mers, comme l'Atlantique.

Ces écartemens et ces fentes produites par cette cause s'étendirent à une profondeur plus ou moins considérable dans le

sein du globe, et les eaux extérieures s'y précipitèrent. Ils auront pu être suffisants pour contenir toutes celles qui ont disparu de dessus la surface de la terre, ou au moins une portion.

b. L'autre partie aura été reçue dans les cavernes intérieures, celles qui ont été faites lors de la cristallisation générale du globe.

c. Enfin, les cavernes, suites des vides produits par les éjections volcaniques, pourront encore absorber des portions des eaux. Ces effets doivent avoir lieu surtout dans les explosions des volcans sousmarins.

De tous ces faits nous devons conclure que les eaux qui ont disparu de dessus la surface du globe ne l'on fait que successivement, et à mesure que le globe se refroidissait.

CET ABAISSEMENT A ÉTÉ FAIT SUCCESSIVEMENT.

Plusieurs physiiciens croient que l'abaissement du niveau des eaux des mers s'est fait d'une manière subite et prompte. Mais cette opinion n'est appuyée d'aucunes preuves. Tous les faits me paraissent, au contraire, prouver que l'abaissement du niveau des eaux des mers s'est opéré lentement et successivement, pendant une longue suite de siècles.

Toutes les grandes vallées, où coulent les fleuves qui se rendent dans le sein des mers, sont encombrées, sur une largeur considérable, de pierres roulées, de galets.... depuis leur origine, jusqu'à l'Océan : quelques-unes de ces vallées, telles que celles du fleuve des Amazones, de la Plata, du Mississipi, du Danube, du Rhin.... ont plusieurs centaines de lieues

de longueur. Ces amas immenses de pierres roulées n'ont pu être produits par la petite quantité actuelle d'eau qui se trouve dans ces fleuves. Il me paraît donc qu'il en faut rechercher ailleurs l'origine.

Prenons pour exemple la vallée de la Seine. Les galets en occupent le centre, sur une largeur qui surpasse quelquefois une lieue. On retrouve ces galets quelquefois à une assez grande hauteur, par exemple, aux environs de Paris, sur la route d'Orléans, du côté de l'avenue de la barrière du Maine, c'est-à-dire, à environ 140 pieds au-dessus des eaux moyennes de la rivière. Ces galets n'ont pu être apportés à cette hauteur par la rivière telle qu'elle est actuellement.

Je suppose donc que les eaux de l'Océan couvraient, à cette époque, le sol de Paris. L'embouchure de la rivière était alors, comme elle est aujourd'hui, au Hâvre, d'une largeur plus ou moins considérable. Les sables et les galets qu'elle roulait, étaient arrêtés par la mer, et couvraient tout ce terrain. Ils pouvaient se déposer à cette hauteur.

Les eaux des mers, se retirant successivement, et peu à peu, les mêmes effets se reproduisaient tout le long de la vallée.

Des effets semblables sont encore bien plus sensibles à Lyon. Tous les côteaux, le long du Rhône, sont composés de cailloux roulés, et à une assez grande hauteur, de deux cents pieds environ.

La plaine du Dauphiné est également encombrée de cailloux roulés, sur une surface de plus de cent lieues carrées.

Tous ces cailloux proviennent des Hautes-Alpes, de la débâcle, vraisemblablement, d'un des lacs situés dans ces cantons,

Mais, pourquoi ces cailloux roulés se sont-ils arrêtés à Lyon et dans les plaines voisines du Dauphiné? Ce ne peut être que parce qu'à cette époque, les eaux des mers couvraient tous ces cantons. Elles arrêrèrent le cours impétueux des eaux qui charriaient tous ces débris, comme elles le font à l'embouchure de tous les fleuves, ce qui en forme ce qu'on appelle *la barre*.

Ces amas forment même souvent des îles plus ou moins nombreuses, plus ou moins considérables à l'embouchure de tous les grands fleuves, comme l'île de la Carnarque, à l'embouchure du Rhône, comme cette multitude d'îles qu'il y a à l'embouchure du fleuve des Amazones....

Ces faits ne permettent donc pas de douter que les eaux des mers ne se sont retirées que successivement de dessus les continents.

LES EAUX DES MERS ABANDONNENT - ELLES CERTAINES CONTRÉES, POUR EN ENVAHIR D'AUTRES ?

Différens faits paraîtraient prouver que les eaux des mers abandonnent certaines contrées pour en envahir d'autres. Aussi cette opinion a-t-elle été soutenue par plusieurs géologues, ainsi que nous l'exposerons ailleurs. Néanmoins, lorsqu'on examine la question plus attentivement, on reconnaît bientôt qu'aucun fait ne prouve ce déplacement successif des eaux des mers. Les faits que rapportent ceux qui soutiennent cette opinion, tiennent à des circonstances locales.

Nous verrons effectivement que des circonstances locales peuvent produire des invasions particulières des eaux des mers sur quelques continents.

a. Des vents violens soulèvent sur quelques côtes les eaux

des mers. Elles inondent ces terrains, comme cela arrive souvent en Hollande.... Mais ces vents venant à changer, cette élévation des eaux cesse...

b. Des commotions souterraines produisent également des élévations momentanées des eaux, et des inondations *locales*.

Mais aucun fait ne prouve qu'un mouvement général des eaux des mers leur fasse abandonner des contrées pour en envahir d'autres.

On doit donc regarder toutes ces opinions comme des hypothèses vagues, dénuées de fondement.

LES EAUX DES MERS ONT-ELLES COUVERT LES CONTINENS A DIVERSES ÉPOQUES ?

Les géologues sont partagés sur cette question, comme sur plusieurs autres.

Les uns croient que les eaux des mers continuent de s'abaisser graduellement et successivement, et qu'il n'y a que quelques circonstances locales, comme des tremblemens de terre.... qui les ramènent accidentellement sur des continens qu'elles avaient abandonnés.

D'autres, au contraire, pensent que les eaux des mers reviennent, à différentes époques, couvrir des terrains qu'elles avaient abandonnés, sans néanmoins en assigner aucunes causes.

Werner, par exemple, pour expliquer l'origine des filons, suppose que les mers sont revenues, à différentes époques, sur les continens. Une montagne, par exemple, contient deux filons qui se coupent, ou à angle droit, ou sous un angle quelconque : il suppose que la montagne s'est d'abord fendue,

dans une direction à peu près verticale, et que les eaux y ont déposé les substances d'un des filons.

La montagne a ensuite été renversée postérieurement. Une nouvelle fente verticale s'est formée, et a coupé la première, c'est-à-dire, le filon qui y était déposé. Les eaux des mers sont revenues, pour former, dans cette seconde fente, un nouveau filon.

Si la montagne contient un troisième filon, qui coupe les deux autres, il suppose un second renversement de la montagne. Une troisième fente y a été produite, et un troisième filon y a été déposé...

On sent que ces hypothèses ne peuvent être appuyées sur aucun fait, comme nous l'avons fait voir, en parlant de l'origine des filons.

Aucun fait n'autorise donc à supposer que les eaux des mers soient venues, à différentes époques, envahir les continents. Ceci n'a pu arriver accidentellement que par quelques circonstances locales.

TOUS LES PHÉNOMÈNES GÉOLOGIQUES PEUVENT ÊTRE EXPLIQUÉS SANS SUPPOSER QUE LES EAUX AIENT COUVERT LE GLOBE A DIFFÉRENTES ÉPOQUES.

La dernière question qui nous reste à examiner, est de savoir si on peut expliquer tous les phénomènes géologiques sans supposer que les eaux aient couvert nos continents à différentes époques. Elle est déjà résolue par tout ce que nous avons dit ; car il me paraît qu'aucun fait constaté ne suppose ces submersions du globe à différentes époques : et il n'est aucun fait géologique dont on ne puisse donner une explication satisfaisante, en

supposant une retraite lente et successive de la masse des eaux qui ont couvert le globe.

a. Nous venons de prouver que tous les phénomènes géologiques, qui se présentent à la surface du globe terrestre, peuvent être expliqués sans supposer de nouvelles invasions des eaux des mers sur les continents qu'elles avaient abandonnés.

b. Les causes qu'on a assignées pour expliquer ce phénomène supposé, sont purement hypothétiques.

Cependant cette opinion du retour des eaux des mers sur les continents, à différentes époques, paraît avoir été appuyée sur les phénomènes d'inondations plus ou moins considérables. Nous allons donc rapporter les faits connus à cet égard.

DES INONDATIONS PRODUITES PAR DIFFÉRENTES CAUSES LOCALES.

On retrouve chez les anciens peuples, des traditions de déluges, ou inondations plus ou moins considérables. Quoique les détails que nous en fournit l'histoire n'aient pas toujours les degrés de probabilité qu'une critique sévère désirerait, cependant cet accord universel de tous les peuples, sur ces grands évènements, mérite la plus sérieuse attention de la part du philosophe.

On doit distinguer deux espèces d'inondations mentionnées chez les peuples.

Les inondations particulières ;

Les inondations générales.

Les inondations particulières peuvent être produites par plusieurs causes.

1^o. Par des pluies de longue durée.

2°. Par des vents violens long-tems continués dans la même direction.

3°. Par des commotions souterraines.

4°. Par la chute des grandes masses de montagnes.

5°. Par des débâcles de lacs.

6°. Par des comètes.

Quant aux inondations générales, ou déluges universels, ils ne sont prouvés par aucun fait : et aucune cause n'aurait pu les produire d'après les connaissances actuelles.

Nous allons examiner l'action de chacune de ces causes en particulier.

DES INONDATIONS PRODUITES PAR LES PLUIES.

Les pluies abondantes et de longue durée causent des inondations partielles, qui peuvent couvrir d'eau des terrains bas, des plaines étendues. C'est ainsi que des fleuves, tels que le Niger, le Méran, l'Orénoque... débordent tous les ans par des pluies abondantes, et inondent des contrées plus ou moins étendues... Ces débordemens ne s'appellent point déluges, parce qu'ils arrivent régulièrement chaque année.

Mais si un fleuve considérable, qui n'a pas des crues périodiques de cette espèce, en éprouvait une accidentelle, qui inondât une contrée entière, les habitans ne manqueraient pas de lui donner le nom de déluge. C'est ainsi que les Chinois parlent d'un déluge arrivé sous *Niu-Hoa*. « Lorsque des eaux immenses inondaient tout, disent-ils, que les pluies ne dis- » continuaient pas... »

La plupart des déluges dont il est question chez les anciens peuples, étaient les effets de pluies long-tems continués.

Ces inondations accidentelles étaient d'autant plus considérables à ces époques, que le cours des eaux, le bassin des fleuves, étaient encombrés d'une foule d'obstacles : des arbres étaient entraînés et jonchés dans leurs lits; les terrains de leurs rivages s'éboulaient; des sables, des galets s'amoncelaient, et formaient des barres...

Les sociétés humaines formées commencèrent à lever ces obstacles, et à former à chaque fleuve un bassin qui facilita le cours de ses eaux... L'histoire rapporte que ça été la première occupation des premiers chefs des nations civilisées. C'est ce qu'on voit à la Chine, en Egypte...

DES INONDATIONS PRODUITES PAR DES VENTS VIOLENS.

Des vents violens qui soufflent de la pleine mer sur des côtes basses, peuvent causer des inondations locales. Ils soulèvent les flots, les élèvent à plusieurs pieds, et submergent tous les pays peu élevés au-dessus du niveau des eaux.

« En 1164, il y eut un déluge si considérable dans la Frise,
» que toutes les côtes maritimes furent submergées avec plu-
» sieurs milliers d'hommes.

» En 1228, il y eut une autre inondation qui fit périr cent
» mille hommes aussi bien qu'en 1530.

» Il y a plusieurs autres exemples de pareilles inondations,
» comme celle de 1604, en Angleterre. (*Buffon*, tome 11, et
» 12, page 450.)

» En 1646, une pareille inondation fit périr plus de cent
» mille personnes sur le territoire de Dordrecht, et plus de
» cent mille autour du Dullant. En Frise, en Zélande, il y eut

» plus de deux ou trois cents villages submergés. On voit encore
 » les sommets de leurs tours et les pointes de leurs clochers qui
 » s'élèvent un peu au-dessus des eaux. (*Ibidem*, page 424.)

» En 1682, il y eut une pareille inondation dans la pro-
 » vince de Zélande, qui submergea plus de trente villages, et
 » causa la perte d'une infinité de monde et de bestiaux, qui
 » furent surpris la nuit par les eaux. Ce fut un bonheur pour
 » la Hollande que *le vent de sud-est gagna sur celui qui était*
 » *opposé*; car la mer était si enflée, que les eaux étaient de
 » dix-huit pieds plus hautes que les terres les plus élevées de
 » la province, à la réserve des dunes. » (*Ibidem*, page 426.)

Florus parle d'un déluge qui chassa les Teutons, les Cimbres et les Tiguriens de leurs pays, l'an de Rome 644. *Cimbri, Teutoni, atque Tigurini ab extremis germaniæ profusi cum, terras eorum inunderet oceanus, novas sedes toto orbe quærebant.* (Lic. 3, cap. 4.)

Or, ce déluge ne peut avoir été occasionné, comme ceux de Hollande, que par un vent impétueux qui aura soulevé les eaux de l'Océan sur cette côte, soit le long du Vésér, sur la côte d'Emden, soit le long de l'Elbe, sur les côtes de Hambourg, soit le long de l'Oder, sur les côtes de Stetin, soit le long de la Vistule, sur les côtes de Dantzick....

Les sables favorisent beaucoup ces espèces de déluges. La mer apporte sur ces côtes beaucoup de sable et de galets : les fleuves y en charrient de leur côté. Il se forme des dunes qui s'élèvent sur la côte : les terrains situés derrière ces dunes se trouvent plus bas, et au niveau de la surface de la mer. Lors du gros tems, d'une tempête violente... les flots sont poussés avec force vers la dune : ils s'élèvent quelquefois au-dessus, coupent ces digues, et vont s'épancher sur les terrains qui sont derrière la dune. Les eaux ne peuvent plus se retirer, parce que la dune

fait une espèce de levée qui les retient ; et ces terrains demeurent submergés, quoique réellement ils ne soient pas au-dessous du niveau des eaux des mers.

Quelquefois ces terrains marécageux se sont affaissés, et se trouvent ainsi réellement au-dessous du niveau des mers.

Ne pourrait-on pas même dire que sur les côtes où les vents soufflent constamment, et où la plage est très-plate et se termine en pente douce, ces eaux peuvent s'y soutenir continuellement un peu au-dessus de leur niveau ?

La côte de Hollande, par exemple, est très-plate et se termine par des bancs de sable, qui se prolongent en pente douce, bien avant dans la mer.

Des vents du Nord soufflent constamment sur cette plage.

Il est donc très-probable que les eaux se soutiennent assez constamment sur la côte de Hollande, à une hauteur au-dessus de leur vrai niveau : et il est vraisemblable que ces eaux se retireraient beaucoup de la côte, si toutes ces causes extérieures cessaient, qu'il n'y eût point de marées, point de vents, point de courans des eaux du Nord au Midi,

Nous avons déjà vu que sur les côtes de Provence, sur celles de Venise... les eaux se retirent dans le mois d'août, lors des grandes sécheresses... C'est que dans cette saison les vents du Nord règnent long-tems, et chassent les eaux en haute mer.

« Sur les côtes occidentales de France, d'Espagne et d'Afrique, » dit Buffon, il règne des vents d'ouest durables et violens, » qui poussent avec impétuosité les eaux vers le rivage sur lequel il s'est formé des dunes en quelques endroits : de même » les vents d'est, lorsqu'ils durent long-tems, chassent si fort » les eaux des côtes de la Syrie et de la Phénicie, que les » chaînes de rochers qui sont couverts d'eau, pendant les vents » d'ouest, demeurent alors à sec. » (*Buffon*, tom. 11, p. 434.)

Les mêmes phénomènes s'observent sur toutes les côtes où il règne des vents violens et durables. Les eaux y sont soutenues constamment au-dessus de leur niveau, et elles se retirent aussitôt que cette cause cesse.

Mais tous ces évènements dépendent des circonstances locales.

DES INONDATIONS PRODUITES PAR LES EXPLOSIONS DES FEUX SOUTERRAINS.

D'autres inondations locales, ou inondations particulières, sont produites par les explosions des feux souterrains.

Le 22 juillet 1782, il y eut une inondation presque totale de l'île Formose. Les flots furent soulevés avec beaucoup de force, et traversèrent presque toute la surface de l'île.

Il paraît que ce mouvement des flots fut dû à un tremblement de terre sousmarin, qui souleva les eaux de la mer avec violence.

En 1755, lors du tremblement de terre qui renversa Lisbonne, la mer se souleva auprès de Cadix, et inonda toute la chaussée qui conduit de la ville au continent.

Le même jour, à la Corogne, la mer s'enfla, monta et baissa sept fois.

A Madère, le même jour, la mer s'éleva à une hauteur extraordinaire; elle baissa ensuite si considérablement, qu'on aperçut des rochers dont on n'avait aucune connaissance.

Il y eut un tremblement de terre, en 1740 environ, à Lima et à Callao. La mer, dans cette dernière ville, éprouva des mouvemens si violens, que tous les édifices furent couverts par les eaux (*Buffon*, tome 11, page 306).

Lors de la grande éruption du volcan d'Awatcha, en 1737,

les eaux de la mer furent repoussées deux fois loin du rivage ; mais à une troisième elle revint avec force sur elle-même, et s'éleva à deux cents pieds de hauteur. On sent quelle inondation elle aurait produit sur des côtes basses, comme sur celles de la Manche ; les flots eussent pu remonter jusqu'à Paris.

Il n'y a pas de tremblement de terre violent sur les côtes, qui ne produise de grands mouvemens dans les eaux des mers. Ces secousses les élèvent et les abaissent successivement pendant un tems plus ou moins considérable. On peut consulter, à cet égard, tous les recueils d'observations.

DES INONDATIONS PRODUITES PAR LA CHUTE DES MONTAGNES.

Des causes moins puissantes que celles dont nous venons de parler, peuvent encore produire de petits déluges, ou inondations locales. La chute d'une montagne qui repose sur des lacs souterrains, causera un déluge en occupant la place de ces eaux, et les forçant de s'épancher.

« En 1678, dit Buffon (tome 11 , page 366), il y eut une
» grande inondation en Gascogne, causée par l'affaissement de
» quelques morceaux de montagnes dans les Pyrénées, qui firent
» sortir les eaux qui étaient contenues dans les cavités souter-
» raines de ces montagnes.

» En 1680, il arriva une inondation considérable en Islande,
» qui avait aussi pour cause l'affaissement d'une montagne dans
» des cavernes remplies d'eau. »

L'histoire rapporte plusieurs inondations locales, qui ont été produites par des causes semblables. Ces chutes de montagnes sont le plus souvent occasionnées, comme nous l'avons vu, par des tremblemens de terre.

En 1783, lors du tremblement de terre qui bouleversa la Calabre, une partie du rocher de Scilla, sur la côte, s'éroula dans la mer, et y causa un mouvement d'ondulation si prodigieux, qu'il inonda une partie des côtes voisines en Calabre et en Sicile. Nous avons vu qu'il y eut de noyées plus de douze cents personnes qui s'étaient retirées près de ce rocher.

DES INONDATIONS PRODUITES PAR LES DÉBORDEMENTS DES LACS.

L'histoire fait mention d'un grand nombre de déluges produits par des débordemens de lacs.

Berosé parle d'un déluge arrivé en Arménie, et dit que les habitans se retirèrent sur la montagne des Cordyens.

Nicolas de Damas parle aussi de ce déluge., il dit que les habitans se retirèrent sur la montagne de Berin. (*Eusèbe, Préparation Évangélique*).

Syncelle dit (*Eusèbe, Préparation Évangélique, livre 10, chapitre 12*) qu'*Abydene* parle d'un déluge arrivé en Chaldée du tems de *Sisuthrus*. Saturne, ajoute-t-il, avertit *Sisuthrus* de ce déluge. L'époque à laquelle est arrivé ce déluge n'est pas facile à déterminer.

Eusèbe pense que le déluge d'*Ogyges* est le premier des déluges. Il arriva lorsque *Phoronée* régnait à Argos. Il inonda l'Attique, et une partie des contrées voisines. Il y eut une nuit de neuf mois et quelques jours, dit *Sollin*, d'après des autorités anciennes que nous ne connaissons pas.

Varron rapporte, suivant *Saint-Augustin*, qu'on vit alors *Venus* changer de couleur et de grandeur, et que son orbite parut dérangée.

Si ce fait est vrai, il est probable qu'on prit alors une comète pour *Venus*.

La plus grande partie des chronologistes fixent l'époque du déluge d'Ogygès à l'an 1-59, avant l'ère vulgaire, c'est à dire 230 ans avant le déluge de Deucalion.

Les Phrygiens parlaient d'un déluge arrivé chez eux sous leur roi *Annac*.

Le déluge de Deucalion a été très-fameux dans l'antiquité. Les marbres de paros en fixent la date à l'année de leur ère 53, ou 1529 ans avant notre ère.

Diodore de Sicile parle de ce déluge (liv. 5 cap. XLIX.) Le » déluge de Deucalion, dit-il, ayant fait périr un grand nombre d'hommes sur la terre, dépeupla aussi l'île de Lesbos ».

Ovide et *Lucien* ont laissé d'assez grands détails sur cet événement célèbre.

Deucalion, scythe d'origine, était un homme vertueux, qui régnait en Thessalie. Le pays fut tout-à-coup inondé. Deucalion se sauva avec sa femme *Pyrrha*, sur le mont *Geranée*, suivant quelques-uns, ou sur le mont *Parnasse*, suivant *Ovide* : c'est là que s'arrêta la petite barque qui les portait.

Les Syriens parlent aussi d'un déluge fort ancien. Voici ce qu'en dit *Lucien* dans son dialogue de la déesse de Syrie, *de dea Syra*.

« La Syrie possède plusieurs beaux temples : mais il n'en est aucun comme celui d'*Hiérapolis*. Ce temple, disent les habitans, fut élevé par *Deucalion*, après le déluge qui arriva de son tems. Il se fit à la terre une ouverture prodigieuse, par laquelle toute l'eau fut absorbée. Ce fut au-dessus de cette ouverture que *Deucalion* bâtit le temple. »

On faisait voir en beaucoup d'autres endroits des gouffres semblables à celui d'*Hiérapolis*.

Pausanias dans ses *Attiques*, rapporte que les prêtres de Jupiter Olympien, à Athènes, faisaient aussi voir une ouverture souterraine située dans un bois derrière le temple de ce dieu. Ils disaient que c'était par cette ouverture que s'étaient écoulées les eaux du déluge de Deucalion. Tous les ans ils jetaient dans ce gouffre un gâteau de farine pétrie avec du miel.

Sanchoniaton le Phénicien, dit dans sa cosmogonie, « que » dans le commencement tout était humide, que l'esprit uni » avec la matière produisit *moth*, que ce *moth* était, suivant les » uns, le limon premier. »

L'Égypte a éprouvé un déluge fameux, connu sous le nom de *déluge de Prométhée*. Voici ce qu'en rapporte Diodore de Sicile (liv. 1, sect. 1, chap. IX).

» Ce fut alors (du tems d'Osiris) et au lever de la canicule, » que le Nil qui croît tous les ans dans cette saison, rompit » ses digues et se déborda d'une manière si furieuse, qu'il sub- » mergea presque toute l'Égypte, et particulièrement cette » partie dont Prométhée était gouverneur; l'impétuosité de » ce fleuve lui fit donner alors le nom d'*Aigle*. Prométhée » voulait se tuer de désespoir, lorsque Hercule se surpassant lui- » même dans cette occasion, entreprit par un effort plus » qu'humain, de réparer les brèches que le Nil avait faites » à ses digues, ou de le faire rentrer dans son lit. Voilà le fon- » dement de la fable qui dit qu'Hercule tua l'aigle qui ron- » geait le foie de Prométhée. Ce fleuve fut appelé dans le com- » mencement *Océames*, mot que les Grecs ont traduit par » celui d'Océan ».

On a ensuite donné à la mer le nom d'Océan.

» Les Ethiopiens, suivant le même Diodore de Sicile (liv. 3, » cap. 2), disaient que les Égyptiens étaient une de leurs

» colonies qui fut menée en Egypte par Osiris. Ils prétendent
 » même que ce pays n'était au commencement du monde
 » qu'une mer ».

Plutarque, dans son traité d'Isis et d'Osiris, dit que le serpent Python, en Egypte, rappelle un déluge, contre lequel Osiris ou le soleil combat.

Du tems d'Inachus, il y eut un déluge en Boétie, qui inonda beaucoup de terrain.

Les commencemens de l'histoire des Chinois sont remplis de détails sur différens déluges.

Le *Choukin* (chap. *Yaotien*) fait dire à Yao les paroles suivantes :

L'empereur fait dire aux quatre Yao : « Les eaux immenses
 » du déluge se sont répandues, et ont tout inondé et sub-
 » mergé. Les montagnes ont disparues dans leur sein ; les
 » collines y ont été ensevelies, leurs flots mugissans sem-
 » blaient menacer le ciel. Les peuples poussent des soupirs : qui
 » pourra les secourir ? »

» *Hoi-Nan-Tsée*, *Lie-Tsée* et les autres *Toa-Sée* (savants),
 » parlent d'un déluge arrivé sous *Niu-Hoa*, lorsque des eaux
 » immenses inondaient tout, que les pluies ne discontinuaient
 » pas, et que, comme dit *Tong-Sou-Tong*, *Niu-Hoa* vainquit
 » l'eau par le bois, et fit un vaisseau propre à aller fort loin. »

Lopi (art. *Sou-Tchi*), après avoir rapporté que les saisons furent changées, que les jours et les nuits furent confondus, ajoute : « Il y eut alors de grandes eaux dans tout l'univers... » qui réduisirent les hommes à la condition de poissons. » (*Mémoire sur les Chinois*, par les missionnaires, vol. 1, page 157 et 158).

Le célèbre *Koug-In-Ta* ajoute que ces eaux avaient submergé les animaux, les maisons (*Chou-King*).

Les Han-Lins commentateurs de Kou-King, rapportent d'après Tchîn-Sée que « dans cet ancien tems il y avait peu » d'habitans : chacun habitait à son gré sur les hauteurs : les » eaux répandues dans les vallées ne nuisaient pas : mais les » hommes se multipliant, on songea à étendre les habitations, » et faire couler les eaux (*Ibid.* page 159). »

» L'inondation n'était pas arrivée du tems de Yao, mais » remontait jusqu'au commencement. Les eaux n'avaient pas » encore pu s'écouler. Yu y travailla (*Ibid.* page 159).

L'histoire de la Chine parle encore d'une grande inondation arrivée sous Peyrum, dans des tems bien postérieurs à Yao. Mais il est assez difficile d'en fixer l'époque.

Toutes les histoires des commencemens des sociétés, parlent d'inondations ou de déluges plus ou moins considérables.

Si on recherche la cause de la plus grande partie de ces déluges, on la trouvera dans l'écoulement des mers particulières, ou de lacs considérables. Diodore de Sicile nous a laissé un passage précieux à cet égard. Il parle d'un déluge qui inonda une partie de la Samothrace (l'île de Samos) vis-à-vis Ephèse (lib 5. , §. 40.)

« Les historiens de Samothrace disent, qu'avant les dé- » luges des autres pays, elle en avait souffert un très-grand » par les eaux qui étaient venues d'abord de la séparation » des Cyanéens (détroit de Constantinople), qui s'étendirent » jusqu'à l'Hellespont (détroit de Gallipoli). On dit que la » mer du Pont (mer Noire), autrefois fermée comme un » lac, fut pour lors tellement grossie par les eaux des fleuves » qui s'y jetèrent, qu'elle s'éleva impétueusement par dessus ses » rivages, et répandit sur les campagnes d'Asie les eaux qui » forment aujourd'hui la Propontide (Mer de Marmane). On » ajoute qu'une grande partie de la Samothrace en fut submer-

» gée de telle sorte que long-tems après , quelques pêcheurs
 « tiraient encore de leurs filets des châpitaux de colonnes , qui
 » marquaient que cette mer couvrait des ruines de ville. Les
 » lieux les plus élevés de l'île servirent seuls de refuge contre
 » ce débordement. Par là il est clair que la Samothrace a été
 » habitée avant le dernier de nos déluges ».

Ces derniers mots de Diodore , *avant le dernier de nos déluges* , prouvent que les anciens reconnaissaient plusieurs déluges successifs.

Il paraît , par ce passage de Diodore , que le déluge de la Samothrace , ou île de Samos , fut produit par l'irruption de la mer Noire , qui s'ouvrit un passage par le détroit de l'Hellespont , pour se verser dans la Méditerranée. Cette irruption fut prompte , et exhaussa momentanément les eaux , jusqu'à ce qu'elles furent mises de niveau avec celles de cette dernière mer. Toutes les basses terres furent donc inondées , soit du côté de l'Asie , soit du côté de l'Europe , ainsi que les îles nombreuses qui sont dans ces contrées.

Enfin , toute la côte d'Afrique fut également submergée ; c'est à cette époque qu'on doit attribuer un des déluges d'Égypte. La Méditerranée dut communiquer avec la mer Rouge , et peut-être avec le sein Persique.

C'est peut-être à cette époque qu'elle s'ouvrit un passage dans l'Océan , par les colonnes d'Hercule , ou détroit de Gibraltar.

Tournefort , dans son voyage au Levant , rapporte un grand nombre de faits , qui prouvaient que la mer Noire était séparée de la Méditerranée , au détroit des Dardanelles. Elle brisa cette digue , fit une irruption qui inonda toutes les côtes , et s'éleva jusqu'au sommet des plus hautes montagnes de la Samothrace.

PALLAS a confirmé tous ces faits. Il a prouvé que la mer Caspienne et la mer Noire étaient autrefois beaucoup plus élevées qu'elles ne le sont aujourd'hui.

« Cette multitude de coquillages, dit-il (*tome V*, in-8^o, » *page* 188), déposés sur les steppes de l'Iaïk, du pays des » Calmouks et du Volga, et qui sont absolument les mêmes » que ceux qu'on trouve dans la mer Caspienne, sans avoir la » moindre ressemblance avec ceux des deux fleuves ; cette uni- » formité de terrains dans les steppes, qui, à l'exception des » endroits couverts de sable mouvant, n'est partout qu'un sable » lié avec le limon de la terre, ou bien une glaise jaune, sans » le moindre gazon ; la nature saline du sol, qui provient en » plus grande partie d'un sel marin, et qui est générale ; ces » innombrables fonds salins ; la coupe et la forme de ces im- » menses déserts ; tous ces objets, enfin, sont des témoignages » incontestables que cette étendue de pays a été autrefois cou- » verte par la mer Caspienne. Quoiqu'il y ait des siècles incal- » culables que les eaux se sont écoulées de ces contrées, ces » plaines ne sont pas encore couvertes de terre végétale, ni de » gazon, et n'ont encore produit ni bois, ni buissons.

» Il est tout aussi évident que ce haut pays, situé le long de » la Sarpa, entre le Don et le Volga, ainsi que les montagnes » de l'Obtscheï-Sirt, qui s'étendent entre ce dernier fleuve et » l'Iaïk, formaient anciennement les rivages de la vaste mer » Hircanienne (mer du Nord)... On ne voit plus ici les coquil- » lages de la mer Caspienne, et en remontant le long du Volga, » le terrain devient plus montueux : l'on ne trouve que des » bancs de coquilles et de coraux, qui proviennent d'une inon- » dation plus ancienne et plus considérable que celle que nous » avons déjà soupçonnée. Les productions marines de ces » couches horizontales (de ces contrées) sont généralement » des espèces que l'on ne rencontre que dans l'Océan. La

» mer Caspienne et la mer Noire n'en offrent pas de semblables.

» . . . La mer Noire était de plusieurs toises plus haute qu'elle n'est aujourd'hui, avant son débordement dans la Méditerranée, par le détroit de Constantinople... *Il s'ensuivrait donc de cette ancienne suréminence, que les steppes de la Crimée, du Kouman, du Volga, de l'Iaïk, et le plateau de la Grande Tartarie, jusqu'au lac Aral inclusivement, ne formaient qu'une mer qui arrosait la pointe septentrionale du Caucase, et avait deux golfes immenses, l'un, dans la mer Caspienne, et l'autre, dans la mer Noire.* »

Toutes ces preuves géologiques, jointes aux témoignages historiques que nous avons vus, ne permettent pas de douter que la mer Caspienne ne fut autrefois beaucoup plus étendue qu'elle ne l'est aujourd'hui, et qu'elle ne couvrit une partie de la Tartarie et de l'Europe. Car elle devait s'étendre le long du Niester, du Bog, du Danube... et couvrir une partie de la Moldavie, de la Valachie, de la Transylvanie, de la Serbie, de la Hongrie...

Il paraît que l'abaissement de cette mer se fit subitement, et qu'elle s'écoula dans la Méditerranée. Celle-ci en fut prodigieusement enflée, ce qui produisit une inondation, ou déluge, sur tous ses rivages.

Mais il paraît, en même tems, que la Haute-Tartarie, entre le Don et le Volga, a été, dans des tems antérieurs, couverte d'une mer différente de la Caspienne, puisque les débris des êtres organisés qu'on y rencontre, ne se trouvent point dans la Caspienne.

Ce que Diodore de Sicile suppose avoir eu lieu, relativement à la mer Noire, qui était un lac, a dû arriver dans un grand nombre d'autres circonstances. Des lacs, plus ou moins

élevés, rompant subitement leurs digues, se sont écoulés avec une grande impétuosité, et ont causé des inondations plus ou moins considérables, en raison du volume de leurs eaux et de la rapidité de leur chute. Plusieurs des déluges particuliers, dont l'histoire fait mention, sont dus à cette cause.

Supposons que les lacs, qui se trouvent aujourd'hui à l'origine du Nil, surtout le lac Gambea, eussent été autrefois très-étendus, ce qui est fort vraisemblable; supposons que ces lacs aient renversé subitement leurs digues, et se soient écoulés en grande masse, il est certain qu'ils auront inondé une partie de l'Egypte. C'est ce qui paraît être arrivé, lors du déluge de Prométhée.

Cette débâcle d'une portion du lac Gambéa, ou de quelque autre lac, aura excavé le lit du Nil, dans la Haute-Egypte. On rapporte qu'il est bordé, des deux côtés, de falaises élevées qui, sans doute, sont dues à cette cause.

Des lacs, dans les montagnes de la Thessalie, qui auront également rompu subitement leurs digues, produisirent un déluge local dans la vallée du fleuve Pénée. C'est ce qui produisit le déluge connu sous le nom de *Deucalion* : à moins qu'on aime mieux croire que ce déluge est le même que celui qu'a dû produire l'éruption du Pont-Euxin, ou mer noire, dans toutes ces contrées.

Néanmoins il me paraît plus vraisemblable que le déluge produit par l'irruption du Pont-Euxin est celui qui a produit le déluge d'Ogygés, lequel est antérieur à celui de Deucalion, et qui inonda l'Attique 230 ans avant celui de Deucalion.

Strabon rapporte que l'Araxe formait autrefois un grand lac en Arménie; que *Jason* en rompit les digues en ouvrant les montagnes, ce qui fit que l'embouchure de ce fleuve se trouva ensuite dans la mer Caspienne.

C'est à cette cause, ou quelque'autre analogue, que sont dus

les déluges de ces contrées dont parlent Berosé et Nicolas de Damas, comme nous venons de le dire.

Le déluge qui eut lieu sous Sisuthrus a également été dû à quelque cause semblable, l'écoulement de quelques lacs qui existaient dans la partie du Taurus, d'où sortent le Tigre et l'Euphrate.

Les nouvelles recherches que viennent de faire plusieurs savans, sur la mer Noire, sur la Caspienne.... nous donneront des notions précises sur tous ces phénomènes....

L'histoire des Chinois fait voir tous leurs premiers chefs, *Yao*, *Yu*.... occupés à faciliter l'écoulement des eaux et des lacs, qui inondaient le pays, le rendaient marécageux, et produisaient des déluges locaux.

Les Mexicains parlent aussi d'un déluge qui inonda leur pays, et força les habitans à se retirer sur les montagnes. Ce déluge fut produit par l'irruption de quelques lacs.

On sait que le lac du Mexico est sujet à des crues considérables, qui, quelquefois, inondent tous ses rivages. Les Espagnols, peu de tems après s'être emparés de ce pays, creusèrent un grand canal pour faciliter l'écoulement de ses eaux.

Les habitans de la Floride rapportent qu'il y eut dans leurs contrées un déluge produit par le débordement du lac *Théomi*. C'était sans doute un lac qui existait dans les monts Apalaches.

Les Groenlandais eux-mêmes parlent d'un déluge. « Dans la » suite des tems, disent-ils, le monde fut noyé par un déluge... » Une des preuves existantes du déluge universel, ce sont les » débris de coquilles, de poissons qu'on trouve partout bien » avant dans la terre, à une profondeur où l'homme n'habita » jamais, et des os de baleine, qui couvrent les montagnes les » plus élevées » (*Crantz, Histoire du Groenland, Histoire des Voyages*, tome 19 in-4^o. page 105.)

Supposons que les lacs nombreux, que traverse le fleuve Saint-Laurent, rompissent leurs digues subitement au saut de Niagara, par exemple, il y aurait une prodigieuse quantité d'eau dans toute la partie basse du Canada. On pourrait l'appeler un déluge.

Un pareil déluge a dû avoir lieu au-dessous du lac de Genève, qui a vraisemblablement rompu ses digues au-dessous du Fort-l'Écluse. On n'en connaît point les détails, parce qu'il n'y avait point d'historiens dans ces tems reculés. Mais quand on voit l'immense quantité de galets dont sont couvertes les plaines du Dauphiné, et que ces galets se retrouvent à plus de cent ou deux cents pieds sur les côteaux de Lyon et du Dauphiné... on ne saurait douter qu'il n'y ait eu une débâcle de quelque lac de la Suisse, vraisemblablement de celui de Genève, qui a produit ces phénomènes.

Jefferson parle d'une pareille débâcle qui a dû avoir lieu en Virginie. « La Shenandoah a suivi les montagnes l'espace de » cent milles pour chercher une issue. Sur sa gauche s'ap- » proche la Patowmack, qui cherche de même un passage. » Au moment de leur réunion, elles se précipitent contre la » montagne qui se sépare devant elles, pour donner à leurs » eaux un libre cours vers l'Océan.

» Cette scène fait naître au premier coup d'œil l'idée que la » terre n'a été créée que par époques; que les montagnes ont été » formées d'abord, et que les rivières n'ont commencé à couler » que dans un tems postérieur; que dans cet endroit particulier » les eaux retenues par la digue des montagnes Bleues. formaient » un Océan (un lac) derrière elles; que leurs poids croissant » à mesure que leur niveau s'élevait, elles ont enfin forcé le » passage, et fendu la montagne du sommet à la basse. Les » masses des roches entassées de part et d'autre, surtout du côté

» de la Shenandoah, les marques évidentes d'un déchirement
 » violent opéré par les plus puissans agens de la nature, forti-
 » fient cette idée. »

Le voyageur instruit et attentif retrouve partout des preuves évidentes de pareilles débâcles de lacs. Nous en avons déjà rapporté un grand nombre d'exemples.

RÉSUMÉ.

En résumant tous les faits que nous venons de rapporter sur les déluges locaux, et en ne nous écartant pas des causes physiques qui nous sont connues, on peut dire qu'ils ont été produits par les causes suivantes.

1°. Les débâcles de lacs. La retraite des eaux qui ont couvert le globe, a laissé de grands lacs, soit à la surface de la terre, soit dans le sein des montagnes. Plusieurs de ces lacs, brisant subitement leurs digues par des causes quelconques, ont inondé les terrains qui étaient au-dessous d'eux, et les ont submergés. Ça été la cause de plusieurs déluges particuliers, tels que celui d'Ogygés, produit par la rupture des digues de la mer Noire; celui de Deucalion, produit par la rupture des digues d'un lac qui existait dans la Thessalie; celui de Prométhée, produit par la rupture des digues de quelques lacs dans l'Abbyssinie.

.

2°. Des vents violens, qui auront soulevé les flots de la mer, auront causé de grandes inondations dans des terrains bas, comme dans la Hollande.

3°. Des violens tremblemens de terre, soit sur les côtes de la mer, soit sous la mer, soulèvent quelquefois les flots, et causent des inondations particulières.

4°. La chute d'une montagne peut produire des inondations particulières et locales, si elle reposait sur un lac souterrain.

5°. La chute subite d'une portion considérable de terrain, tel serait l'affaissement de l'île Atlantique, aurait produit un mouvement prodigieux d'ondulation dans les mers voisines. Les lames immenses qui en seraient résultées, auraient inondé momentanément toutes les terres basses qui se seraient trouvées dans les environs.

6°. Des pluies trop long-tems continuées....

7°. Quant à l'action que des comètes auraient pu produire sur ces phénomènes, nous en parlerons ailleurs.

DES INONDATIONS GÉNÉRALES, OU DES DÉLUGES UNIVERSELS.

Mais, y a-t-il eu un ou plusieurs déluges universels, qui aient couvert toute la surface du globe, ou au moins la plus grande partie de cette surface ? C'est une opinion qui a été soutenue par la plus grande partie des anciens peuples. Voici ce qu'en dit Platon (liv. 3 *des Lois*).

« Le genre humain a été détruit plusieurs fois par des DÉ-
» LUGES, des maladies, et d'autres accidens semblables, qui
» n'ont épargné qu'un très-petit nombre de personnes.... Re-
» présentons-nous donc quelques-unes de ces catastrophes
» générales; par exemple, celle qui a été autrefois causée par
» un déluge.... Ceux qui échappèrent à la désolation universelle,
» étaient, pour la plupart, des pâtres, habitans des mon-
» tagnes, sur le sommet desquelles il se conserva quelques
» faibles étincelles du genre humain... Ils étaient dans une igno-
» rance presque-entière de tous les arts, de toutes les inventions
» que l'avarice et l'ambitieu ont imaginées dans les villes, et de
» mille autres expédiens dont les hommes policés se sont avisés
» pour s'entre-détruire.... Posons donc pour certain que toutes

» les villes situées en rase campagne, et sur les bords de la mer,
 » furent entièrement submergées dans ce tems-la... Que toutes les
 » découvertes dans les arts, dans la politique, dans les sciences..
 » furent perdues sans qu'il en restât le moindre vestige... Aussi,
 » ne fait-on pas remonter à plus de mille ou deux mille ans,
 » les découvertes qu'on attribue à Dédale, à Orphée, à Pala-
 » mède, à Olympus, à Amphyon....

» Telle était donc la situation des affaires humaines, au
 » sortir de cette désolation générale. Partout s'offrait l'image
 » d'une vaste et affreuse solitude. Des pays immenses étaient
 » sans habitans. Tous les autres animaux ayant péri, quelques
 » troupeaux peu nombreux de bœufs et de chèvres étaient la
 » seule ressource qui restait aux hommes d'alors, pour sub-
 » sister ».

Ce passage de Platon prouve qu'il pensait, avec les Egyp-
 tiens, chez qui il avait puisé cette doctrine, que la surface de
 la terre avait éprouvé les plus grandes catastrophes; que le genre
 humain avait été presque entièrement détruit, à différentes
 époques, ainsi que les animaux, et que ces accidens avaient été
 produits particulièrement par des déluges; que ces déluges
 avaient submergé toutes les plaines et les basses terres, et que
 les seules montagnes élevées n'avaient pas été inondées; que les
 hommes et les animaux s'étaient retirés sur ces hautes som-
 mités.

Lucien, dans son dialogue de la déesse Syriene, *de dea*
Syra, parle d'un déluge universel arrivé sous Deucalion. Voila,
 ajoute-t-il, ce qu'en disent les Grecs: « La race actuelle des
 » hommes ne fut pas la première, mais la génération qui la
 » précéda périt entièrement. Ces hommes, qui commettaient
 » toutes sortes de crimes, en furent punis par un événement
 » terrible. Tout-à-coup, la terre vomit de son sein une immense

» quantité d'eau. De grandes pluies survinrent ; les fleuves se
 » gonflèrent ; la mer s'accrut à un tel point, *que la terre fut*
 » *entièrement inondée*. Tous les hommes périrent , excepté
 » Deucalion ».

Sénèque parle fort au long d'un déluge universel , qui doit arriver, et il en peint fort éloquemment toutes les circonstances. Il fait plus, il cherche à en assigner les causes physiques. Ce sont, suivant lui ,

- 1°. Les pluies ,
- 2°. L'irruption de la mer ,
- 3°. Des tremblemens de terre.

Mais , écoutons-le parler lui-même , dans ses *Questions naturelles* , livre III , chapitre XXIX.

» D'autres prétendent que la terre s'ébranle , et que le sol
 » entr'ouvert découvre de nouvelles sources de fleuves , dont
 » les eaux coulent plus abondamment , comme provenant de
 » réservoirs immenses.

» *Bérose* , l'interprète de *Bélus* , dit que ces grandes révolu-
 » tions sont amenées par le cours des astres. Il en est si sûr ,
 » qu'il fixe même le tems de la *conflagration* et du *déluge futur*.
 » Il dit que la terre sera réduite en cendres , quand tous les
 » astres , qui suivent aujourd'hui des routes différentes (les pla-
 » nètes) , seront réunies dans le signe du Cancer , et placées les
 » unes sous les autres , tellement que la même ligne traverse
 » tous les centres. Il ajoute que *l'inondation générale* aura lieu ,
 » quand les mêmes astres seront rassemblés dans le Capri-
 » corne.

» Ne disons donc pas que le déluge sera produit par la pluie ,
 » mais qu'il y aura des pluies ; par l'irruption de la mer , mais
 » que la mer sortira de ses bornes ; par les tremblemens de

» terre , mais qu'il y aura des tremblemens de terre. La nature
 » s'aidera de tout , pour exécuter ses arrêts.

» Les inondations sont aussi conséquentes aux lois du monde
 » que l'hiver et l'été ».

On trouve d'autres témoignages qui parlent d'un déluge universel , qui aurait inondé toute la surface du globe.

Mais un événement d'un aussi grand intérêt , ne peut être admis qu'autant qu'il serait fondé sur les faits les plus authentiques. Or , nous sommes bien éloignés d'avoir des faits de cette nature qui le constatent.

Platon a toujours cherché à embellir les sujets qu'il traitait , en les représentant sous des vives couleurs. Il a supposé que des déluges particuliers avaient été des déluges généraux. D'ailleurs son récit n'est fondé que sur les traditions qu'il tenait des prêtres d'Égypte, lesquels se cachaient avec art vis-à-vis des philosophes de la Grèce.

Sénèque et *Lucien* sont trop modernes pour des événemens semblables. Ils n'ont pu puiser dans des sources authentiques. *Lucien* appelle le déluge de Deucalion , un déluge général , tandis que tous les auteurs les plus anciens disent que ce fut un déluge particulier.

Mais examinons les causes physiques qui auraient pu concourir pour produire un déluge universel. Nous verrons qu'il n'en est aucunes connues capables d'un effet aussi considérable.

I. *Les pluies.*

Nous avons vu que l'atmosphère entier n'équivaut qu'à une colonne de trente-deux pieds d'eau. Ainsi , quand on la supposerait se résoudre toute en pluie , elle ne produirait que ce même exhaussement dans les eaux.

II. *L'irruption des eaux des mers.*

On a supposé différentes manières dont les eaux de l'Océan

pouvaient se répandre sur la surface de la terre. Écoutons encore Sénèque, à cet égard, (*Questions naturelles*, livre III, chapitre XXVII).

« L'eau est un élément aussi abondant que l'air ou le feu, et » bien plus abondant encore dans l'intérieur de la terre. Ces » eaux, une fois mises en mouvement par le flux, ou plutôt » par la volonté du destin, dont le flux n'est que l'agent, sou- » lèvent et chassent devant elles le vaste sein des mers, puis, » s'élèvent elles-mêmes à une hauteur prodigieuse, *et surpassent les montagnes les plus élevées*, qui servent d'asile aux » hommes; ce qui n'est pas difficile aux eaux, puisque, dans » leur état naturel, elles sont aussi élevées que la terre. Qu'on » mesure la hauteur perpendiculaire des plus hautes mon- » tagnes, le niveau de la mer est aussi élevé, puisque la terre » doit partout se ressembler... »

La plupart des auteurs qui ont parlé d'un déluge universel, ont supposé que les eaux des mers y ont influé, et chacun les a fait agir d'une manière différente.

Sénèque suppose, dans le passage que nous venons de rapporter, que les eaux de l'Océan, dans les hautes mers, sont au-dessus de leur niveau sur les côtes, et se trouvent aussi élevées que les plus hautes montagnes.

Iberti, qui a soutenu la même opinion (1), dit que les eaux, dans les hautes mers, sont comme une goutte d'eau, ou de mercure, ou de tout autre fluide, laquelle est toujours beaucoup plus élevée à son centre qu'à ses extrémités.

Sénèque suppose encore que le simple mouvement du flux, ou des marées, peut élever les eaux au-dessus des plus hautes montagnes.

(1) *Journal de Physique*.

Mais il est bien prouvé aujourd'hui que les marées sont produites par l'action du soleil et de la lune, qui ne peuvent élever les eaux que de quelques pieds. Si le flux s'élève à une plus grande hauteur sur quelques côtes, c'est par des circonstances locales; car dans les grandes mers, entre les tropiques, il n'est que de trois pieds environ.

Bélus supposait que toutes les planètes se trouvant en conjonction sous les tropiques du capricorne, pourraient élever les eaux des mers à une hauteur beaucoup plus considérable que les simples marées.

Cette idée est également contraire à toutes les lois de physique que nous connaissons. En supposant que toutes les planètes fussent en conjonction avec le soleil et la lune, elles pourraient peut-être un peu augmenter les marées: mais ce ne serait certainement que d'une très-petite quantité.

Dolomieu suppose avec *Sénèque*, qu'il a pu y avoir des marées assez considérables pour s'élever sur de hautes montagnes, et par conséquent produire des déluges d'une grande étendue.

Mais il ne dit pas quelle a pu être la cause de pareilles marées, et nous n'en connaissons aucune.

Pallas a supposé que les eaux des mers des Indes ont été soulevées par l'action des feux souterrains à une hauteur capable de leur faire surmonter les sommets des montagnes altaïques, qui séparent l'Asie méridionale de l'Asie septentrionale. Il suppose que la même chose a pu avoir lieu relativement aux différens continens: ce qui aurait produit des inondations ou déluges immenses dans plusieurs contrées.

Mais nous ne connaissons point de volcans capables de produire d'aussi grands effets. Les tremblemens de terre sous-marins seraient absolument insuffisans. Les plus fortes commo-

tions n'élèvent pas les eaux à plus de deux cents à trois cents pieds.

Les eaux de quelques mers pourraient être augmentées d'une certaine quantité, et par conséquent inonder les pays qui sont sur leurs bords, par une débacle de plusieurs lacs. Il existe à la surface de la terre un assez grand nombre de ces lacs. Si plusieurs de ces lacs s'écoulaient subitement, ils produiraient une petite augmentation des eaux dans les mers ou ils se jetteraient, jusqu'à l'instant que l'équilibre serait rétabli dans la masse générale des mers.

Il peut aussi se trouver dans le sein des montagnes des lacs intérieurs, dont la débacle produite par des causes quelconques produirait le même effet.

Mais toutes ces causes se borneraient à des inondations locales, à des déluges particuliers, et seraient bien éloignées de pouvoir produire un déluge universel, ainsi que nous l'avons vu en parlant des déluges d'Ogygès, de Deucalion, de Prométhée... produits par des irruptions de la mer Noire, d'un lac dans la Thessalie, d'un autre dans la haute Egypte...

La seule cause qui pourrait soulever les eaux des mers à une grande hauteur, serait l'accélération du mouvement de rotation du globe. Les jours devenant plus courts, la force centrifuge augmenterait : les eaux de la surface se porteraient vers l'équateur et la zone torride, en abandonnant les régions polaires ; mais les eaux contenues dans l'intérieur du globe sortiraient de leurs cavernes, et se réunissant à celle des mers, pourraient peut-être couvrir toute la surface du globe...

Il paraît que c'était la doctrine des prêtres d'Egypte, lorsqu'ils disaient que les eaux pouvaient inonder la surface de la terre, en sortant de l'abyme ou cavernes intérieures.

Un physicien nommé *Lebrun* fit, environ en 1780, un expé-

rience publique au Louvre, pour soutenir cette opinion. Il renferma de l'eau dans un globe, qui avait différentes ouvertures fermées par des soupapes. Ce globe était renfermé dans un autre globe de verre. On imprima un mouvement donné de rotation à ces globes. L'eau ne sortit point de ses réservoirs. Mais on augmenta peu à peu la vitesse de rotation : alors l'eau força les soupapes et s'épancha sur toute la surface de l'intérieur du globe... Il en conclut que la même chose pouvait avoir lieu sur la surface de la terre, en supposant son mouvement de rotation accéléré.

Il n'est pas douteux que si le mouvement direct de la terre s'accélérait, les eaux de l'intérieur pourraient s'épancher sur sa surface... Mais nous avons vu que suivant les théories astronomiques adoptées aujourd'hui, la rotation du globe terrestre ne peut éprouver que de très petites variations, et qui seraient absolument insuffisantes pour produire d'aussi grands effets.

Enfin, d'autres physiciens ont fait intervenir l'action d'une comète pour produire un déluge universel.

Newton fournit un grand argument à cette hypothèse, en disant que les comètes étaient des corps semblables aux planètes, excepté qu'elles se mouvaient dans des ellipses plus allongées.

Halley fit l'application de cette doctrine à la comète de 1680. Il calcula que la période de cette comète devait être à peu près de 575 ans. D'où il s'en suivrait qu'elle a dû paraître en 1106 et 531 ensuite, 44 ans avant l'ère vulgaire; puis en 619, en 1194. (Il paraît qu'*Homère* parle de cette apparition, *Illiade*, livre 4, v. 75). En 1769 et enfin en 2344, année à peu près du déluge universel rapporté par Moïse. Il y aurait peut-être une perturbation de 5 années, suivant *Whiston*, qui suppose que ce déluge n'arriva qu'en 2349.

Whiston suppose que cette comète aurait dû passer assez

près de la surface de la terre, pour que sa queue atteignît notre globe et l'enveloppât. Les vapeurs dont était remplie cette queue furent condensées, comme le sont par exemple les nuages sur nos plus hautes montagnes, et versèrent une quantité d'eau suffisante pour couvrir toute la surface du globe.

D'un autre côté l'attraction de la comète agit sur les eaux de l'intérieur du globe, et les fit sortir de leurs abîmes...

Nous avons vu que *Sollin* rapporte qu'à l'époque du déluge de Deucalion il y eut une nuit de neuf mois et quelques jours. Cette nuit prétendue n'aurait pu être occasionnée que par des nuages très-épais.

Varron dit qu'alors *Venus* changea de couleur et de grandeur, et que son mouvement fut altéré. Il est beaucoup plus vraisemblable qu'on prit une comète pour *Venus*.

Nous discuterons ailleurs cette opinion de *Whiston*; nous ferons voir que quoiqu'il ne soit peut-être pas impossible qu'une comète eût produit les effets qu'il suppose, cette hypothèse est néanmoins contraire aux probabilités.

RÉSUMÉ SUR L'ABAISSEMENT DU NIVEAU DES MERS.

Tous les faits que nous avons rapportés dans cette section; établissent plusieurs faits intéressans que nous allons rapprocher.

1°. Les eaux ont couvert tout le globe, et ont surpassé de plusieurs milliers de toises les montagnes les plus élevées.

2°. Le niveau des eaux s'est abaissé au point où nous le voyons aujourd'hui.

3°. Cet abaissement s'est fait successivement, et lentement.

4°. Les eaux ne se sont point converties en terre.

5°. En supposant qu'elles puissent se convertir en airs, ce n'en serait qu'une très-petite portion.

6°. Il n'a pu en passer que quelques légères portions dans les autres globes.

7°. Mais il est vraisemblable que la plus grande partie de ces eaux qui ont disparu de dessus la surface du globe, s'est enfouie dans ses cavernes.

8°. Aucun fait ne prouve qu'elles puissent se déplacer en grandes masses à la surface du globe, et abandonner des contrées entières pour en envahir d'autres.

9°. Aucun fait ne prouve qu'elles aient pu couvrir la surface du globe à différentes époques.

10°. Il y a eu, à la vérité, des inondations particulières, des déluges locaux, produits par différentes causes.

11°. Mais aucun fait ne prouve qu'il y a eu un déluge général qui aurait inondé toute la surface du globe.

LES EAUX DES MERS CONTINUERONT A DIMINUER SUR TOUTE LA SURFACE DU GLOBE.

En suivant les analogies, on ne peut guère douter que le niveau des eaux des mers ne continue à s'abaisser sur toute la surface du globe : car les agens, quels qu'ils soient, qui ont opéré jusqu'ici cette diminution, continueront d'agir, et nous ne connaissons pas de causes qui puissent suspendre leur action.

Mais les faits actuels ne peuvent nous donner aucunes notions fixes sur les progrès de cette diminution de l'abaissement des eaux.

Les générations humaines futures occuperont leurs loisirs à constater les progrès de cette diminution du niveau des eaux des mers. Leur intérêt personnel leur en fera un devoir.

SECTION DIXIÈME.

DES DÉBRIS FOSSILES DES ANIMAUX ET DES VÉGÉTAUX.

Un des problèmes les plus difficiles, et en même tems un des plus intéressans de la Géologie, pour la connaissance des terrains secondaires, est de déterminer la nature, et de rechercher l'origine de cette quantité immense de débris d'animaux et de végétaux que nous avons vu enfouis dans toutes les couches secondaires, qu'elles soient calcaires, gypseuses, argileuses, bitumineuses, métalliques, grézeuses, ou d'alluvion (1).

Cependant on doit observer que la quantité de ces fossiles, quelque considérable qu'elle paraisse, est très-petite relativement aux animaux et aux végétaux qui ont existé.

Je ne jeterai ici qu'un coup-d'œil général sur ces fossiles : car nous ne saurions entrer dans les détails immenses que leur histoire exige ; d'ailleurs elle demande des connaissances que je n'ai pas.

Cette partie de l'histoire naturelle n'avait pas été négligée par les anciens. Homère, Pythagore, Hérodote, Ovide....., ont parlé des fossiles. Mais de leur tems on n'avait pas les connaissances nécessaires pour en donner des notions exactes... La science, à cet égard, est beaucoup plus avancée aujourd'hui.

(1) Voir mes *Considérations sur les fossiles* (*Journal de Physique*, tom. 77, pag. 109, août 1813.)

Les progrès de la connaissance et de l'anatomie des animaux, ainsi que les notions étendues qu'on a sur les végétaux, font reconnaître la nature d'un assez grand nombre de fossiles, qui ne pouvaient être connus des anciens.

Pour avoir des notions justes sur les fossiles, il faut considérer l'ensemble des phénomènes qu'ils présentent. Ce n'est que par cette méthode, qui m'a toujours conduit dans mes recherches, qu'on peut faire des progrès dans la philosophie naturelle.

Les fossiles se présentent sous six différens états, ainsi que je l'ai dit dans mes *Leçons de Minéralogie*, tome 2, page 559.

1°. Quelquefois ils sont entiers, comme les insectes qu'on observe dans le succin... plusieurs végétaux....

2°. Il en est qui sont *terréfiés*, c'est-à-dire, réduits en une espèce de poussière terreuse, tels que les poissons fossiles du mont Bolca...

4°. D'autres sont *bitumineux*, ou convertis en bitumes, tels que des poissons, des plantes.... des couches bitumineuses.

4°. Quelques-uns sont métallisés, tels que la turquoise osseuse, des coquilles, des poissons....

5°. Un grand nombre est *pétrifié*, c'est-à-dire, convertis en pierres, ou calcaires, ou siliceuses....

6°. D'autres n'ont laissé que leur empreinte.

Les fossiles se trouvent dans différens terrains secondaires.

a. Dans des pierres calcaires, marneuses, gypseuses, argileuses, grézeuses, siliceuses....

b. Dans des brèches.

c. Dans des houillères.

d. Dans des tourbières.

e. Dans des terrains d'alluvion.

f. Dans des cavernes,

Il faut observer que les débris des animaux et des végétaux ne se conservent fossiles que lorsqu'ils sont à l'abri des impressions extérieures de l'air, des pluies, des frimats.... car, dans d'autres circonstances, ils se décomposent promptement. Les plus gros arbres, qui périssent dans les forêts, sont promptement pourris et décomposés. Les os des plus gros animaux, qui meurent dans nos forêts, tels que les ours, les bœufs sauvages, les loups, les cerfs..... ceux des plus gros mammaux, les éléphants, les hippopotames, les rhinocéros, les tapirs, les lions, les tigres... qui périssent dans les vastes plaines des contrées équinoxiales... sont bientôt décomposés, et ne laissent aucuns vestiges.

Tous les fossiles qu'on observe n'ont donc été conservés que parce qu'ils se sont trouvés dans quelques-unes des circonstances dont nous venons de parler, enveloppés dans les terres, les pierres, les bitumes, les tourbes.... ou pétrifiés...

Une des plus grandes questions que présente l'histoire des fossiles, était de savoir s'ils étaient analogues aux êtres organisés vivans. Des savans avaient soutenu qu'il n'y en avait point d'analogues; parce que tous les êtres organisés existans avaient été détruits, disaient-ils, par une grande catastrophe, et que les fossiles actuels sont les débris de ces êtres qui ne subsistent plus.... Je prouvai (*Théorie de la Terre*, tome 5, page 216) que cette opinion était erronée; et aujourd'hui cette vérité est généralement avouée, comme nous le verrons.

J'ai également prouvé que les mêmes espèces de végétaux et d'animaux avaient pu être produits en *différentes contrées*;

Et que les mêmes espèces de végétaux et d'animaux avaient pu être produites à *différentes époques*.

De nouveaux faits ont confirmé mon opinion sur l'existence des analogues aux fossiles qu'on connaît

On croyait, par exemple, que le *mégalonix* fossile, décrit par

Jefferson, était une espèce perdue; mais Clinton vient de décrire une grande espèce de quadrupède vivant aujourd'hui dans le nord de l'Amérique, et qui paraît exister également en Tartarie, qu'il croit une espèce particulière d'ours. Ses os paraissent analogues à ceux du mégalonix, suivant Blainville (*Journal de Physique*, tome 81, page 416) : le mégalonix décrit par Jefferson, et qu'on croyait une espèce perdue, existerait donc encore.

J'en ai conclu, (*Journal de Physique*, tome 82, page 35), que les mêmes phénomènes pouvaient avoir lieu pour plusieurs autres fossiles. Par exemple, le *megatherium* pourrait également se trouver vivant dans le Paraguai....

Plusieurs autres mammaux qu'on trouve fossiles, et qu'on croit perdus, pourront également se trouver vivans dans quelques continens peu connus...

On a trouvé également des coquilles vivantes analogues à des coquilles fossiles.

Les lieux où se trouvent les fossiles sont en général les moins élevés des terrains secondaires. Les terrains des plaines, des vallées et des collines des différentes contrées connues en Normandie, en Tourraine, en Bourgogne, en Champagne, aux environs de Paris... sont remplis de fossiles. Les mêmes phénomènes s'observent en Angleterre, en Allemagne... et sur toute la surface du globe.

Il y a cependant quelques exceptions à cette loi générale. J'ai des pierres calcaires du sommet du pic du Midi, aux Pyrénées, qui contiennent des nummulites. On trouve également dans les Alpes, dans les cordilières..., quelques fossiles à de grandes hauteurs.

Humboldt a vu au camp du Géant, *campo di Gigante*, proche la ville d'Ibara, province de Quito, à onze cent dix-sept toises de hauteur, des fossiles, particulièrement des os qui paraissent

avoir appartenu à des Eléphants. Ces contrées, à la vérité, ont tellement été bouleversées par l'action des volcans, qu'il est prudent de suspendre son jugement sur ces faits.

Mais une observation importante sur les lieux où se trouvent les fossiles, est que ceux des contrées septentrionales de notre hémisphère, paraissent en général avoir appartenu à des végétaux et des animaux, dont les analogues ne vivent aujourd'hui que dans les contrées équinoxiales, et souvent dans les contrées australes, ainsi que nous le dirons.

Il y a cependant quelques exemples contraires. Le lagomys, par exemple, animal qui vit en Sibérie, paraît être fossile en Corse....

On trouve même des fossiles dans les lieux où vivent leurs analogues.

On a trouvé, dans les mers d'Italie, des coquilles vivantes, qui paraissent analogues à celles qu'on croyait ne subsister que dans les mers des Indes...

Reinier a vu, dans la mer Adriatique, plusieurs coquillages vivans, dont les coquilles sont analogues à des coquilles fossiles dont on supposait que les analogues ne vivaient que dans les mers équinoxiales.

Brochi, Maratti, Polli.... ont fait des observations analogues. Ils ont vu vivans, dans les mers de Naples, des coquilles, des madrepores... analogues à des fossiles qu'on croyait ne subsister que dans des mers éloignées....

Ces nouveaux faits ont engagé quelques savans à soupçonner qu'on trouvera peut-être vivans les analogues de tous les fossiles; et qu'aucune espèce d'êtres organisés, végétaux ou animaux, n'était perdue....

Cette assertion me paraît trop générale. Mais nous examine-

rons cette opinion après avoir rapporté les faits que nous posédons actuellement sur les fossiles.

Y A-T-IL DES DÉBRIS FOSSILES DE L'HOMME ?

Plusieurs géologues ont parlé de débris fossiles de l'espèce humaine. Mais les faits, sur lesquels ils fondaient cette assertion, examinés avec soin, ont prouvé qu'ils s'étaient trompés.

Scheuzer a décrit un fossile sous le nom de *homo diluvii testis*, (homme témoin du déluge....) Mais *Jean Gesner* regarda ce fossile comme le squelette d'un silure.

Kielmeyer pensa qu'il appartenait à la famille des salamandres.

Cuvier a adopté la même opinion. Il croit que ce fossile a appartenu à un *protée*, *proteus*, espèce de salamandre. (*Discours préliminaire sur les Fossiles*, tome 1, page 85, et *Annales du Muséum*, cahier 78, page 411.)

On avait aussi cru reconnaître, parmi les os fossiles du rocher de Gibraltar, des os qui avaient appartenu à l'espèce humaine. Mais *John Hunter* a prouvé qu'on s'était trompé.

Fortis avait aussi cru reconnaître, dans des brèches de Dalmatie, des ossemens humains... Mais *John Hunter* prouva qu'ils appartiennent à des ruminans.

Spalanzani regardait des os fossiles, qui se trouvent dans l'île de Cerigo (Cythère), comme des fossiles de l'espèce humaine... Mais *Cuvier*, qui les a examinés avec soin, a reconnu qu'ils n'avaient point appartenu à l'espèce humaine. (*Discours préliminaire de son grand ouvrage intitulé Recherches sur les Fossiles des Quadrupèdes.*)

.....

Il paraît donc qu'il n'y a aucun fait qui constate l'existence de débris *fossiles* qui aient appartenu à l'espèce humaine.

Cependant on vient de découvrir, à la Guadeloupe (*Journal de Physique*, tom. 79, page 196), le squelette presque entier d'un corps humain fossile. Il ne lui manque que la tête et les pieds. Il est dans une pierre calcaire contenant des madrepores et des coquilles marines... Mais il n'est point prouvé que ce squelette soit un vrai fossile. On soupçonne que le lieu où il a été trouvé, avait été un cimetière.

DES OUVRAGES FOSSILES TRAVAILLÉS PAR MAINS D'HOMMES.

Néanmoins on trouve enfouis dans le sein de la terre, *comme vraiment fossiles*, des objets qui paraissent avoir été travaillés ou par les hommes, ou par d'autres êtres analogues, parvenus à un assez haut degré de civilisation.

DES HACHES FOSSILES.

J'ai reçu de Doué, en Poitou, une hache fossile composée de l'hémanite et de smaragdite..... Elle a été trouvée dans des couches coquillières, à la profondeur de quelques pieds. Elle ressemble entièrement à celles dont se servent les sauvages de l'Amérique. Elle m'a été envoyée par le professeur Renou.

Burtin, dans son *Orictographie de Bruxelles*, page 66, parle d'une pareille hache qu'il a fait graver. « Elle a été trouvée, » dit-il, dans la carrière du Moulin-au-Loo. Cette carrière est » formée de trois couches de pierre calcaire, dont la plus profonde est à dix-neuf pieds. On trouve entre ces couches des » pétrifications d'une conservation parfaite, dont plusieurs » sont des plus intéressantes, telles sont une tortue, des huîtres »

» des cocos, des nautilus... Notre hache de pierre y a été trouvée
 » encastrée dans la partie inférieure d'un moellon de la troi-
 » sième couche. »

Ces haches paraissent l'ouvrage des hommes, et sont de vrais fossiles.

DES MORCEAUX MÉTALLIQUES TRAVAILLÉS PAR LES HOMMES.

Lamanon a cité un morceau de fer travaillé par la main des hommes, trouvé dans un bloc de plâtre, à Clignancourt, partie de la montagne de Montmartre (1).

Sage a également, dans son cabinet, un morceau de fer qui paraît avoir fait partie d'un fer de cheval, adhérent à un bloc de plâtre des environs de Paris.

On a élevé des doutes sur ces fers comme *fossiles*. *Fortis* a dit qu'ils pouvaient avoir été déposés accidentellement, ou avoir coulé dans des fentes de la carrière.... La chose est sans doute possible. Il faut donc suspendre son jugement jusqu'à ce qu'on ait de nouveaux faits.

On a aussi trouvé des fers de cheval dans des fouilles faites en Suisse, dans le pays d'Argovie. Mais j'ai fait voir qu'ils avaient pu y être enfuis par des ébranlemens de montagnes semblables à celui qui a eu lieu à Zug, en 1806 (1).

Il faut dire la même chose du clou de cuivre trouvé auprès de Nice, dans des pierres calcaires... (*Journal de Physique*.)

Ovide a parlé d'une ancre trouvée dans les montagnes. (*Métamorphose*, livre 15).

Et vetus inventa est in montibus Ancora sommis.

(1) *Journal de Physique*, tom. 16, pag. 468.

(2) *Journal de Physique*, tome 63, pag. 235.

Ce fait est fondé sur un passage de Pausanias, livre 1, chapitre 4, page 12, édition in-4°.

Il prétend que cette ancre se voyait encore du tems des *Antonins*, dans le temple de Jupiter, à *Ancyre*, ville de Phrygée, fondée par Mydas (*Ancyre*, en grec, signifie ancre *αγκυρα*) On trouva cette ancre dans les fouilles qu'on fit pour construire cette ville d'*Ancyre*....

Le philosophe *Straton* disait que toutes ces contrées avaient été couvertes par les eaux des mers.

.

Tous ces faits ne permettent pas de douter que dans des couches assez profondes de la surface du globe, il n'y ait des objets travaillés par la main des hommes, ou d'autres êtres analogues.

DES OS FOSSILES DE SINGES.

Des os fossiles de singes intéresseraient fort le géologue.

Swedenborg a fait graver, dans son traité *de Cupro*, planch. II, une empreinte d'animal fossile trouvée dans les mines de *Glucksbronn*, près d'*Altenstein*, dans le pays de *Meimengen*, en 1733; il regardait cette empreinte comme celle d'une *guenon*, ou d'un *sapajou*; *cercopithecus*.

Mais *Cuvier* pense que c'est celle d'un monitor ou tupinambis (1). On y voit les côtes, presque toute la queue, les deux extrémités de derrière bien complètes, et plusieurs parties de celles de devant.

(1) Tome 4 de son ouvrage sur les *animaux fossiles*, page 7 de l'article *crocodile*.

Aucun fait ne prouve donc qu'on ait trouvé des débris fossiles de singe.

Cependant cette famille est extrêmement nombreuse. Il en existe plusieurs centaines d'espèces, dit Humboldt.

L'HOMME A-T-IL ÉTÉ PRODUIT POSTÉRIEUREMENT AUX AUTRES ANIMAUX ?

Plusieurs géologues ont dit que puisqu'on ne trouve point de fossiles qui aient appartenu à l'espèce humaine, cette espèce n'existe que depuis un petit nombre de siècles, et bien postérieurement aux autres espèces.

Deluc a soutenu cette opinion.

Dolomieu l'a adoptée et a dit *qu'il n'y avait peut-être pas dix mille ans que l'homme existait*, et que la terre était devenue habitable pour lui.

» *La race des hommes était sûrement bien récente*, dit-il, *il y a six mille ans*, à moins qu'elle ne se fût alors renouvelée, » après une destruction presque totale ». (*Journal de Physique*, tom. 39, pag. 404, lig. 20).

Et tome 40, même journal, page 43, il dit, dans la note :

« En admettant dix mille ans d'ancienneté pour le moment » où la terre est *devenue*, ou *redevendue* habitable, on exagère » peut-être encore ».

Et, même note, page 42, il ajoute : « Je dirai donc avec » *M. Deluc*, que *l'état de nos continens n'est pas ancien*. Je pen- » serai, avec lui, qu'il n'y a pas long-tems qu'ils ont été don- » nés, ou rendus, ainsi modifiés, à l'empire de l'homme... ».

Je suis bien éloigné d'adopter l'opinion de *Deluc* et de *Dolo-*

mieu. Je fis plusieurs objections à ce dernier, lorsqu'il voulut que je fisse insérer son opinion dans le *Journal de Physique*. Voici ce que j'en dis, à cet égard, dans mon ouvrage de la nature des êtres existans, pages 163 et 169.

« Les continens ont dû être découverts à différentes époques :
» car les eaux, qui ont couvert tout le globe, ont d'abord abandonné les hautes sommités, où vivent aujourd'hui les bouquetins, les chamois, les marmottes, les tapirs, les condors.... avant les plaines chaudes, où subsistent les lions, les tigres, les éléphans, les rhinocéros, les singes, les sapajous, les perroquets....

» Il est donc possible que l'homme, qui, comme les singes, habitait primitivement les pays chauds, n'ait été produit qu'à des époques postérieures, ainsi que les espèces qui ne peuvent subsister qu'à des températures élevées.

» Mais l'homme a-t-il été formé le dernier de ces animaux, comme on le prétend ? La chose est sans doute possible, mais je ne trouve aucun fait qui la prouve. On ne trouve pas, dit-on, des débris fossiles de l'homme, tandis que, vû sa grande multiplication, on en devrait trouver partout. Mais on ne trouve pas non plus des débris fossiles d'une multitude d'autres animaux, également très-multipliés, tels que les singes.... Il faudrait donc aussi en conclure que la formation de ceux-ci est d'une date très-récente. Les faits qu'on rapporte sont bien éloignés de pouvoir prouver cette hypothèse ».

J'ai fait voir que les débris de tous les animaux qui périssent dans nos forêts, tels que les loups, les cerfs, les daims.... s'y décomposent promptement.

La même chose a lieu pour les débris des plus grands animaux, tels que l'éléphant, le rhinocéros, l'hippopotame... qui péris-

sent dans les plaines immenses de l'Afrique, de l'Asie... Les défenses mêmes de l'éléphant, quoique très solides, s'y décomposent assez promptement.

Les ossemens des hommes des grandes sociétés éprouvent, à plus forte raison, la même décomposition; car, sur des champs de bataille, où des milliers d'hommes se sont entr'égorgés, leurs os sont promptement décomposés, quoique, le plus souvent, on les couvre d'un peu de terre.

Nous voyons journellement cette décomposition s'opérer dans nos cimetières rapidement. La même chose a eu lieu dans tous les tems.

On en doit dire autant des végétaux. Les plus gros arbres, qui périssent dans les antiques forêts de l'Amérique, dans celles du nord, ainsi que dans celles des contrées équinoxiales, les gayacs, les bois de fer.... se décomposent dans un petit nombre d'années....

Les conséquences qu'on prétend tirer de ce qu'on ne trouve point d'ossemens humains fossiles, ne sont donc point fondées.

Tous les débris des animaux et des végétaux, privés de la vie, ne se conservent donc que lorsqu'ils sont à l'abri de l'action de l'air, de l'eau... et autres agens analogues; ainsi, on les trouve conservés,

a. Dans des couches pierreuses, soit calcaires, soit gypseuses, soit schisteuses....

b. Dans des couches argileuses, bitumineuses, comme dans le toit des houillères, dans les schistes d'Oettingen....

c. Dans les attérissemens des fleuves, des mers, comme les bois fossiles de la Prusse et autres endroits...

Les débris fossiles d'un grand nombre d'animaux se trouvent aussi dans des attérissemens....

d. Des fossiles se conserveront également dans des houillères.

e. Ils se trouvent dans les tourbières.

f. Ils se conservent encore dans des cavernes , à l'abri des intempéries des saisons.

Cette discussion fait voir qu'on a eu tort de prétendre que les hommes ont été produits à une époque postérieure à celle où ont été produits les autres animaux , et que les faits ne le prouvent nullement. On ne doit surtout pas oublier qu'on ne trouve fossiles aucuns os de singes.

On pourrait même plutôt dire que les hommes et tous les animaux , qui ne vivent aujourd'hui que dans les pays chauds , ont été produits avant ceux qui ne subsistent que dans les pays froids. Car , ainsi que nous venons de le prouver , les portions des continens , qui ont été découvertes les premières par les eaux , jouissaient dans ce moment d'une température très-douce. Ces contrées ont ensuite formé les montagnes , à mesure que les eaux se retiraient : elles n'ont été couvertes de neiges et de glaces que postérieurement à ces époques , où lorsqu'elles se sont trouvées isolées dans les airs par un abaissement considérable du niveau des eaux. D'ailleurs la température de la surface du globe diminue journellement , surtout dans les zones tempérées et glaciales , comme nous l'avons prouvé.

On pourrait donc plutôt dire que dans ces premiers momens , que les continens sont sortis des eaux , il n'y avait donc peut-être pas de contrées assez froides pour faire subsister les animaux et les végétaux , qui ne vivent aujourd'hui que dans les contrées boréales , et dans les montagnes couvertes de neige , tels que l'ours blanc , le condor... Ainsi on serait plutôt fondé à dire que ces espèces n'ont été produites que postérieurement aux autres , savoir lorsque par l'abaissement des eaux , et les

autres causes dont nous avons parlé, il y aurait eu des contrées assez froides pour que ces espèces pussent y vivre ; tels que les ours blancs, les condors, les vigognes..

Si on persistait à dire qu'à ces époques il n'existait que les animaux et les végétaux terrestres, dont on trouve les dépouilles fossiles, le nombre en aurait été très-limité : car les os fossiles, ainsi que les plantes qu'on a trouvées jusques ici, n'appartiennent qu'à un petit nombre d'espèces. Cuvier n'a encore reconnu que 78 espèces fossiles de quadrupèdes, soit vivipares, soit ovipares, dont seulement douze analogues aux espèces vivantes... et cependant on connaît déjà plus de deux mille espèces de quadrupèdes vivans.

Il faut dire la même chose des végétaux... Or, cette conséquence ne peut guère s'admettre : dès lors il faudrait supposer que toutes les autres espèces existantes, au nombre peut-être de mille ou deux mille, ont été produites postérieurement.

Si on convient que la plus grande partie des débris des êtres organisés existans alors, a été détruite, pourquoi ne conviendrait-on pas que ceux des hommes de ce tems ont été détruits également.

Mais, objecte-t-on, l'homme est si multiplié aujourd'hui, qu'il serait bien étonnant qu'on ne trouva pas parmi les fossiles un seul de ses ossemens. Je répons qu'il est non seulement possible, mais qu'il est très-vraisemblable que l'homme n'était pas aussi multiplié à cette époque qu'il l'est aujourd'hui. C'est son état social qui a favorisé cette multiplication au point où nous la voyons, et cet état social aussi perfectionné qu'il était nécessaire pour cette grande multiplication, n'est pas très-ancien. C'est ce qu'on peut conclure de l'état où se trouvent les Américains, les habitans de la Nouvelle-Hollande... et de plusieurs îles isolées, comme je l'ai prouvé dans mon ouvrage de la *Nature des Êtres existans*, page 166.

On doit conclure de tous ces faits, qu'il n'en est aucun qui prouve que l'homme ait été produit postérieurement aux autres animaux.

Nous allons maintenant rapporter les faits que nous connaissons sur les fossiles des autres animaux. Nous avons vu qu'ils se trouvent :

Dans des pierres.

Dans des brèches.

Dans des houillères.

Dans des tourbières.

Dans des terrains d'alluvion.

Dans des cavernes.

DES DÉBRIS FOSSILES DES MAMMAUX, TROUVÉS DANS LES PIERRES.

Il est un grand nombre de fossiles de mammaux, qui se trouvent dans les pierres, soit calcaires, soit gypseuses, soit argileuses, soit bitumineuses.

Plusieurs fossiles de mammaux se trouvent dans des terrains calcaires. On a trouvé des fossiles de lagomys dans des calcaires de Corse.

Les calcaires de Maestricht contiennent des bois de cerfs fossiles, dont j'ai différens morceaux.

Des terrains schisteux contiennent des fossiles de mammaux. On a trouvé des rats dans les schistes d'Oningen...

Des terrains bitumineux, tourbeux, contiennent des fossiles de mammaux, ainsi que nous le verrons.

Les gypses renferment beaucoup de fossiles de mammaux. Les carrières de plâtre des environs de Paris, contiennent de

grandes quantités d'ossemens fossiles des diverses espèces de mammaux, d'oiseaux, de poissons, de tortues. Plusieurs savans tels que Mery, Guettard, Cotte, Lamanon... s'en étaient occupés. Lamanon avait parlé des tortues fossiles des plâtres des environs de Paris, (*Journal de Physique*, en 1780, tome 16, page 460), il a aussi décrit et fait graver dans le même journal, mars 1782 (tome 19, page 173), une belle mâchoire fossile trouvée dans les plâtres de Montmartre, qui a ensuite été gravée par Cuvier, et nommée *palæotherium medium*.

Cuvier a réuni dans son bel ouvrage sur les os fossiles de quadrupèdes, tout ce qu'on savait sur ces os fossiles de Montmartre.

DU PALÆOTHERIUM MEDIUM.

Cet animal, qui se trouve fossile, dans les plâtres des environs de Paris, paraissait avoir la taille d'un cochon de moyenne grandeur. Il avait, suivant *Cuvier* (1),

Vingt-huit dents molaires,
Douze incisives,
Quatre canines.

Les molaires inférieures sont formées de deux ou trois croissans simples.

Les supérieures sont carrées, et ont plusieurs linéamens sur leurs couronnes.

Enfin, les canines ne sortent pas de la bouche.

Cet animal, dit *Cuvier*, devait être herbivore. Il formait un genre très-voisin du tapir, par le nombre de ses dents, et une espèce de trompe; mais il se rapprochait du rhinocéros, par ses dents molaires.

(1) *Des fossiles des quadrupèdes.*

DU PALÆOTHERIUM MAGNUM.

Cuvier a trouvé, dans les mêmes carrières de plâtre des environs de Paris, des ossemens absolument semblables aux précédens, mais beaucoup plus grands, d'où il conclut qu'ils ont appartenu à des animaux du même genre, qui devaient avoir la taille d'un cheval ordinaire.

DU PALÆOTHERIUM MINUS.

D'autres os fossiles, trouvés dans les mêmes carrières, ont indiqué à *Cuvier* l'existence d'une troisième espèce du même genre, laquelle ne devait avoir que la taille d'un mouton médiocre.

Les palæotherium fossiles se trouvent dans plusieurs endroits.

1°. Dans les carrières à plâtre des environs de Paris.

2°. *Defay*, professeur à Orléans, a trouvé plusieurs os fossiles, à Montabuzard, à une lieue à l'ouest de cette ville. Ils étaient de 15 à 18 pieds de profondeur, dans un banc continu de pierres calcaires, de cinq à six pieds d'épaisseur, sans aucune couche apparente.

Cuvier, qui a examiné ces os, a cru qu'ils appartenaient au genre palæotherium. Un astrogalée de ces couches lui paraît avoir appartenu à un palæotherium, qui devait avoir environ huit pieds de longueur, sur cinq de hauteur.

3°. *Hermann* a aussi trouvé des ossemens, qui ont appartenu à des palæotherium, à Buchsweller, dans le département du Bas-Rhin, proche Strasbourg.

4°. On en a encore trouvé à Issel, au pied de la Montagne-Noire, en Languedoc.

5°. J'ai une portion d'os fossiles, contenant deux dents mâchelières, fortement teintes en bleu, et semblables à celles de Buchsweller; mais j'ignore d'où elles viennent.

Cuvier a reconnu d'autres fossiles du palæotherium, en tout dix espèces.

DES DÉBRIS FOSSILES DES ANOPLOTHERIUM.

On trouve, dans les carrières à plâtre des environs de Paris, un grand nombre d'autres ossemens fossiles; qui ont appartenu à des animaux différens du palæotherium.

Ces animaux avaient, de chaque côté, neuf dents, soit molaires, soit incisives, et point de canines. Cuvier leur a donné le nom d'*anoplotherium*. Il en distingue quatre espèces :

- L'anoplotherium commun,
- L'anoplotherium medium,
- L'anoplotherium minus,
- L'anoplotherium minimum.

DE L'ANOPLOTHERIUM COMMUN.

Cuvier a donné la description d'un *anoplotherium commun*, trouvé dans la couche des *Hauts-Piliers*, à Montmartre. Ce squelette, presque entier, avait la grandeur d'un petit cheval.

1°. Il avait, dit-il, quarante-quatre dents, et point de canines saillantes.

2°. Il avait les grands pieds de derrière didactyles, c'est-à-dire, tels que je les avais établis dans mon troisième mémoire, dit-il.

3°. Ses fémurs étaient à deux trochanters.

4°. Ses côtes étaient au nombre de douze, comme dans le chameau.

5°. Sa queue était d'une grandeur énorme, semblable à celle des grands kanguroos. Il n'y avait que dix vertèbres, mais sans doute il en manquait.

6°. La longueur totale de l'animal devait être environ de sept pieds et demi, dont la queue prend trois pieds et demi.

Il devait être plus grand que nos sangliers.

On a trouvé, à Anthony, un autre squelette du même animal, lequel était dans des couches schisto-marneuses, situées au-dessus de la couche de plâtre, qui n'a ici que huit à dix pieds.

J'ai vu, dans la même couche, des os d'anoplotherium, qui étaient dans un schiste d'un brun bleuâtre.

Cet animal, dit Cuvier, a un rapport frappant avec le cochon et les ruminans.

DE L'ANOPLOTHERIUM MEDIUM.

L'anoplotherium medium, dit Cuvier, devait avoir à peu près la taille d'un mouton ordinaire.

DE L'ANOPLOTHERIUM MINUS.

L'anoplotherium minus avait à peu près la taille d'un lièvre. Cuvier en cite un pied qui avait la grandeur de celui d'un lièvre.

DE L'ANOPLOTHERIUM MINIMUM.

Cette espèce, dit Cuvier, devait être un peu plus petite qu'un lapin.

DES DÉBRIS FOSSILES DE DEUX ANIMAUX, QUI APPROCHENT DU RENARD ET DE LA MANGOUSTE, TROUVÉS A MONTMARTRE.

Cuvier a eu des ossemens fossiles trouvés dans les carrières à plâtre des environs de Paris, lesquels se rapprochent beaucoup de ceux d'un chien ou d'un renard. Néanmoins il y trouve d'assez grandes différences pour qu'il pense que cet animal était une espèce particulière qui n'existe plus.

D'autres os, trouvés également à Montmartre, sont très-analogues à ceux de la mangouste : cependant ils en diffèrent assez pour que *Cuvier* pense qu'ils appartenaient également à un animal inconnu (*Ibidem*, page 217).

DES DÉBRIS FOSSILES DES MARMOSSES.

J'avais trouvé, dans les carrières à plâtre de Montmartre, en clos de l'ancienne abbaye, une petite mâchoire d'un carnassier, que j'avais cru être celle d'une chauve-souris (1).

Dans les courses minéralogiques que je fis avec mes élèves, au collège de France, en 1807, nous en trouvâmes une seconde absolument semblable : M. Monheim, d'Aix-la-Chapelle, qui suivait mon cours, la possède.

Cuvier eut quelque tems après une partie considérable du corps du même animal, qu'il crut être du genre des sarigues. On y voit les os marsupiaux.

Il lui a paru ressembler beaucoup au *didelphis murina*, *yapock*, ou didelphe cerclé de la Guyane.

(1) *Journal de Physique*, tom. 55, pag. 404.

Néanmoins Cuvier pense que cet animal différerait des sarigues connues, et que par conséquent son analogue n'existe plus.

DES LAGOMYS FOSSILES.

Rampasse a trouvé, en Corse, du côté de Bastia, des pierres calcaires contenant les os de petits quadrupèdes, que Cuvier croit être du genre des lagomys (1), petite espèce de quadrupèdes que Pallas a trouvé vivans en Sibérie, et dont il a décrit trois espèces.

Ces os fossiles de lagomys, trouvés en Corse, présentent une exception très-remarquable à l'observation générale, que les dépouilles fossiles des animaux et des végétaux qui sont dans nos contrées, ont appartenu à des espèces qui subsistent aujourd'hui dans des climats plus ou moins tempérés, et assez souvent chauds.

Mais ces os de Bastia étaient en un si petit nombre, qu'on ne saurait assurer qu'ils appartiennent réellement au lagomys. Il est plus vraisemblable qu'ils avaient appartenu à une espèce qui vivait dans les contrées tempérées, ou équinoxiales.

Le plus grand nombre de ces ossements fossiles des pierres n'est pas pétrifié.

Cependant quelques fossiles contenus dans les pierres sont à l'état de pétrification.

J'ai des dents d'éléphant pétrifiées.

L'étude approfondie qu'on fait aujourd'hui des fossiles, nous présentera sans doute les dépouilles de plusieurs autres espèces de mammaux dans les pierres.

(1) *Journal de Physique*, tom. 65, pag. 430.

L'époque où ces os fossiles ont été déposés dans ces pierres, date de celle de la formation de ces pierres; car ces os n'auraient pu y être introduits à des époques postérieures.

DES DÉBRIS FOSSILES DES MAMMAUX TROUVÉS DANS LES BRÈCHES.

On connaît des brèches qui contiennent des quantités plus ou moins considérables d'os fossiles de mammaux, comme à Gibraltar, à Cette, à Antibes, à Cerigo...

DES BRÈCHES OSSEUSES DE GILBRALTAR QUI CONTIENNENT DES FOSSILES.

La roche de Gibraltar, dont la hauteur moyenne est d'environ douze cents pieds, est composée d'une pierre calcaire remplie de fentes plus ou moins considérables. Dans ces fentes se trouvent des espèces de brèches, contenant de grandes quantités d'ossements fossiles.

On avait cru que quelques-uns de ces os avaient appartenu à des hommes. Mais John Hunter reconnut *que ces os fossiles des brèches de Gibraltar étaient des os d'animaux de la famille des ruminans, du genre des lièvres, et de la classe des oiseaux. Il y en a quelques-uns qui paraissent avoir appartenu à quelque petit chien ou renard...*

Tous les os fossiles de Gibraltar, dit Cuvier (1), que j'ai pu me procurer, confirment ces rapports. Il pense que les uns ont appartenu au genre des lièvres, quelques autres à celui des antilopes.

(1) *Annales du Muséum*, cahier 74, pag. 169.

DES BRÈCHES OSSEUSES DE CETTE , QUI CONTIENNENT DES FOSSILES.

Le rocher de Cette, en Provence, a beaucoup de rapports avec celui de Gibraltar. Il est également calcaire, et rempli de fentes, dans lesquelles on trouve aussi des brèches osseuses.

Cuvier a cru y reconnaître les ossemens de cinq espèces d'animaux.

1°. Les ossemens de lapins de la taille et de la forme de ceux d'aujourd'hui.

2°. Les ossemens d'autres lapins d'un tiers plus petits.

3°. Des ossemens de rongeurs fort semblables au campagnol, *mus arvalis* de Linnæus.

4°. Des ossemens d'oiseaux du genre de la bergeronette, et d'autres *passeres*.

5°. Des débris de serpens semblables à notre couleuvre à collier (*coluber natrix* Linnæus).

6°. Trois espèces de coquilles terrestres, savoir deux hélices et un puppa.

DES BRÈCHES OSSEUSES DE NICE ET D'ANTIBES.

Le rocher de Nice approche de ceux de Gibraltar et de Cette. On y observe des fentes également remplies de brèches osseuses. Provençal, qui l'a observé, dit Cuvier, n'y a aperçu que des ossemens d'animaux herbivores, et quelques coquilles terrestres.

Cuvier a cru y reconnaître :

a. Des os d'un cheval de la grandeur d'un cheval de carrosse.

b. Des dents d'un ruminant de la grandeur d'un veau.

c. Des dents d'un ruminant de la grandeur d'un cerf.

Il y a aussi observé des coquilles terrestres analogues à celles du *pupa* et à celles des *hélix*, surtout de l'*hélix algira*.

On dit encore qu'on a trouvé des clous de cuivre dans les fentes du rocher de Nice. Faujas en a donné l'histoire (*Annales du Muséum*, cahier 59, page 415); mais on pense aujourd'hui qu'ils sont tombés postérieurement dans des fentes de ce rocher.

Les rochers d'Antibes, dit *Cuvier*, ont des fentes dont les brèches paraissent contenir les mêmes ossemens que ceux de Nice.

DES BRÈCHES OSSEUSES DE CORSE.

Nous avons déjà parlé de ces brèches découvertes par Rampasse, au nord de Bastia.

Cuvier y a observé des ossemens d'une espèce qu'il croit être le lagomys, animal que Pallas a trouvé en Sibérie.

Cuvier y a aussi reconnu des ossemens d'une espèce de rat à peu près semblable au campagnol fossile des brèches de Cette.

DES BRÈCHES OSSEUSES DE DALMATIE.

Ces brèches sont fameuses, parce que des naturalistes instruits, tels que Fortis, avaient cru y reconnaître des ossemens humains. Mais John Hunter fit voir qu'ils appartenaient à la famille des ruminans.

Cuvier a cru y reconnaître des ossemens fossiles du genre des antilopes et des daims.

DES BRÈCHES OSSEUSES DE L'ISLE DE CERIGO.

Spallanzani avait cru y reconnaître des ossemens fossiles hu-

main; mais il n'a pas donné des preuves suffisantes de son opinion, qui est aujourd'hui abandonnée...

DES OS FOSSILES DE CONCLUD PRÈS TERRUEL EN ARRAGON.

Cuvier a observé parmi ces fossiles, des os qu'il croit avoir appartenu à des bœufs et à des ânes, semblables à ceux qui vivent aujourd'hui.

Il y a aussi trouvé l'ostragale d'un mouton de fort petite taille.

DES CONCRÉTIONS OSSEUSES DU VICENTIN ET DU VERONNOIS.

Bosc a remis de ces os à *Cuvier*, qui a cru y reconnaître des mâchoires, et des fémurs de cerfs, des fémurs, des humérus, et des os du métacarpe du bœuf.

On retrouve des fossiles de mammaux dans plusieurs lieux analogues.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL SUR LES FOSSILES DES BRÈCHES.

Ces os fossiles des brèches ne présentent que des débris d'animaux herbivores, dont la plupart vivent dans les mêmes contrées.

On n'y trouve aucuns fossiles des grandes espèces équiniales, les éléphants, les rhinocéros, les hippopotames, les lions...

L'époque où ces os fossiles ont été déposés date de celle de la formation de ces brèches.

DES DÉBRIS FOSSILES DES MAMMAUX, TROUVÉS DANS LES TERRAINS D'ALLUVION.

Les terrains d'alluvion contiennent de grandes quantités de

fossiles de mammaux. On en observe particulièrement plusieurs, qui ont appartenu à des éléphants.

DES FOSSILES D'ÉLÉPHANS.

Les éléphants sont peut-être, de tous les mammaux, ceux dont on trouve un plus grand nombre d'ossemens fossiles. Il est peu de contrées dans notre hémisphère boréal, où on n'en ait observé.

En Afrique. Peiresc rapporte qu'en 1630, on trouva, près de Tunis, de grands os fossiles, qu'il reconnut avoir appartenu à des éléphants. (1) Ceci a fait supposer que des ossemens fossiles découverts en 1559, près du même endroit, par des esclaves espagnols, et qu'on avait regardés comme le squelette d'un géant, étaient des os d'éléphants.

En Grèce, près de Thessalonique, on trouva en 1691 des os fossiles d'éléphants.

Dans l'île de Cerigo on a trouvé, dit Fortis, une dent molaire d'éléphant.

L'Italie contient, en plusieurs endroits, des os fossiles d'éléphants. Brocchi en cite 46 endroits; il y en a plusieurs dans la vallée de l'Arno.

Larochefoucauld et *Desmarets* rapportent qu'on a trouvé dans des tufs volcaniques auprès de Rome, une défense d'éléphant de 10 pieds de longueur. Ils l'ont apportée et déposée au cabinet d'histoire naturelle à Paris.

En France on a trouvé des os fossiles d'éléphants en plusieurs endroits.

(1) Gassendi, *vie de Peirésc.*

Buffon parle d'os d'éléphants trouvés à Mary proche Meaux.

On en a trouvé en Provence, en Languedoc, en Dauphiné, proche Valence, près de Pont-à-Mousson, près de Metz.

A Argenteuil, proche Paris.

En creusant le canal de l'Ourcq, à Sevran, à trois lieues de Paris, dans un espèce de tuf, que Cuvier croit avoir été formé dans l'eau douce, on a trouvé des os fossiles d'éléphants. Ils étaient avec des bois d'Élan d'Irlande, et des centaines de dents de cheval (1).

En Angleterre des os fossiles d'éléphants se trouvent en plusieurs endroits.

L'Irlande contient également plusieurs os fossiles d'éléphants.

En Scandinavie, on en a trouvé des dents machelières.

En Norvège, Bartholin et Pontoppidan en citent.

En Islande, Torfeus en rapporte.

L'Allemagne en contient en plusieurs endroits.

La Russie, et principalement la Russie Asiatique, sont les contrées où on trouve une plus grande quantité de ces fossiles.. Les relations de Pallas, Gmelin... en sont plaines. Patrin m'a dit avoir vu, sur les bords de l'Ob, retirer d'une falaise élevée de cent cinquante toises au-dessus du niveau du fleuve, un fémur d'éléphant, qui avait plus de quatre pieds et demi de hauteur, et était parfaitement conservé.

Isles de la mer Glaciale. Pallas cite une de ces îles par les 80 degrés de latitude, dans laquelle on voyait une quantité prodigieuse.

(1) *Annales du Muséum*, cahiers 71 et 72, pag. 356, cahier 79, pag. 35.

gieuse d'os fossiles d'éléphant, avec des cornes de rhinocéros, des os de buffle...

Mer Aral. On a aussi trouvé des os d'éléphant proche la mer Aral et le fleuve Jaxartes.

Amérique septentrionale. On a trouvé, dans le Kentucky, dans la Caroline.... des os fossiles de véritable éléphant. Le docteur Barton en cite trouvés sur les bords de la Susquaanna.

Parmi les os fossiles que Jefferson a envoyés à l'institut de France, sont trois dents machelières que Cuvier croit avoir appartenu à un éléphant.

Humboldt en a aussi trouvé à *Hue-Huetoca*, près Mexico.

Amérique Méridionale. Humboldt a encore trouvé de ces os à la ville de *Ibarra*, province de Quito, au Pérou, à 1117 toises de hauteur, dans un lieu appelé Champ de Géant, *Campo di Gigante*.

Humboldt les a donné à Cuvier, qui dit, tome 2 de son ouvrage, page 57, « J'ai tout lieu de croire que cet os vient d'un éléphant. »

.

On a ensuite comparé les os fossiles avec ceux des éléphants vivans.

Camper a prouvé qu'il y avait au moins deux espèces d'éléphants vivans.

L'éléphant d'Afrique, dont les molaires n'ont que neuf à dix lames.

L'éléphant d'Asie, dont les machelières ont jusqu'à vingt-cinq lames.

Les molaires fossiles d'éléphants paraissent être de cette dernière espèce; car elles ont jusqu'à vingt-cinq lames.

Cuvier convient que par les dents et les défenses, l'éléphant

fossile ne peut être distingué de celui d'Asie. Mais il a cru apercevoir quelques différences dans l'alvéole de ces dents. La longueur des alvéoles des défenses de l'éléphant fossile paraît triple de celle de l'éléphant d'Asie. D'où il persiste à croire que l'éléphant fossile est différent de l'éléphant d'Asie.

Tout se réunit donc, dit-il, pour faire penser que l'éléphant fossile est d'une espèce éteinte, qui n'existe plus.

D'UN ÉLÉPHANT TROUVÉ DANS LES GLACES DE LA MER
GLACIALE.

Adams rapporte avoir vu sur les bords de la mer Glaciale, en Sibérie, le reste du squelette d'un éléphant observé dans une masse de glace. *Cuvier* et *Lacépède* ont fait un rapport à l'Institut sur cette observation.

Un *Tonguse*, disent-ils (1), découvrit de loin, en 1799, une masse singulière sur un morceau de glace, mais sans pouvoir en approcher.

En 1800, il vit encore de loin que cette masse se détachait un peu des glaçons, et montrait des parties saillantes.

En 1801, il aperçut dans cette masse une des défenses tout-à-fait dégagée.

En 1802, l'été ayant été mauvais, les glaces recouvrirent ce corps inconnu.

Ce n'est qu'en 1803 que, les glaces s'étant fondues, la masse tomba par son propre poids sur un banc de sable, et on y reconnut un éléphant.

En 1804, on coupa ses défenses pour les vendre, et on les fit dessiner.

(1) *Journal de Physique*, tom. 66, pag. 50.

Adams ne vit cet éléphant qu'en 1807 ; les animaux de toute espèce en avaient dévoré la chair. Il a promis d'envoyer la figure de ce squelette, ce qui servira à déterminer l'espèce de cet animal.

Un fait précieux est, que cet animal était couvert de poils de deux espèces ; les uns roux, fins et courts, et les autres noirs dépassant les autres : ces derniers formaient même une crinière sur la nuque.

Adams dit qu'on trouva trente-cinq livres de ces poils abandonnés, et enfouis par les animaux qui avaient dévoré les chairs.

Cette circonstance, dit le rapporteur, prouve deux choses :

1°. Que cette espèce d'éléphant est différente de celle des Indes.

2°. Qu'il était assez bien couvert pour être garanti du froid.

On sait que le rhinocéros fossile, observé sur les bords du Wilhui, avait aussi des poils. Ce rhinocéros est, suivant Cuvier, différent de celui des Indes.

Les commissaires croient que c'est une révolution subite qui a saisi ces animaux, en a détruit l'espèce, et en a conservé quelques individus dans les glaces. Effectivement il n'y a pas de raison pour qu'ils ne se conservent pas éternellement dans ces glaces, jusqu'à ce que des circonstances particulières ne les en dégagent, comme il est arrivé pour celui-ci.

Mais les poils, dont cet animal était couvert, indiquent qu'il était différent des éléphants connus.

On doit donc le regarder comme une espèce particulière, et attendre de nouveaux faits.

DES MASTODONTES FOSSILES.

On trouve, sur les bords de l'Ohio, des dents énormes, que

les sauvages disent avoir appartenu à un grand animal qu'ils appellent *père aux bœufs*. Ces dents, examinées par les naturalistes ont paru appartenir à une espèce d'éléphant, qu'on appelait *mammoth*.

Mais Cuvier ayant comparé ces dents avec celles des éléphants fossiles, a vu qu'elles en différaient absolument. En conséquence, il a donné un nouveau nom à l'animal inconnu auquel elles appartenaient. Il l'a appelé *mastodonte*, c'est-à-dire, animal à dents aigües.

Il a trouvé beaucoup de rapports entre ces dents, et plusieurs autres dents trouvées en divers endroits. Il a cru reconnaître cinq espèces particulières de ces dents; et que, par conséquent, il a dû exister au moins cinq espèces distinctes de ces animaux (1), qui forment un genre à part, inconnu, mais très-voisin de celui de l'éléphant.

MASTODONTE DE L'OHIO, OU LE GRAND MASTODONTE.

L'animal, auquel ont appartenu les ossemens fossiles qu'on trouve sur les bords de l'Ohio, forme la première espèce de mastodonte, le grand mastodonte (2).

Cet animal avait des défenses comme l'éléphant. Péale en a trouvé une mâchoire, dans laquelle était implantée une défense.

Il est probable qu'il avait également une trompe.

L'animal, dont Péale a recueilli le squelette, devait avoir environ dix pieds de hauteur; mais il devait avoir le corps plus alongé qu'un éléphant de même taille.

(1) *Annales du Muséum d'Histoire naturelle*, cahier 48, pa. 401.

(2) *Annales du Muséum*, cahiers 46 et 47.

Les dents machelières du mastodonte sont différentes de celles de l'éléphant. Elles ont huit à dix grosses pointes, au lieu que celles de l'éléphant sont composées de lames.

Il paraît que cet animal se nourrissait, comme l'hippopotame et le sanglier, principalement de racines, ce qui devait l'attirer vers les terrains marécageux.

Néanmoins, il ne paraissait pas fait pour nager et vivre dans l'eau, comme l'hippopotame.

On a trouvé des dents analogues à celles du grand mastodonte, dans la petite Tartarie. Vergennes en avait apporté une, de Constantinople, qui pesait onze livres, quatre onces.

L'abbé *Chappe* en avait apporté une autre de Sibérie.

Pallas en a aussi trouvé en Sibérie.

Ces faits prouvent que des animaux analogues au grand mastodonte ont existé dans l'ancien continent, comme en Amérique.

MASTODONTE DE SIMORES.

On trouve, à Simores, dans le Bas-Languedoc, sur la rivière du Gers, des dents qui ont beaucoup de rapports avec celles de l'animal de l'Ohio. Elles sont seulement plus étroites.

Des dents semblables ont été trouvées à Trévoux, proche Lyon, à Sienne, par Baldassori; à Dax et au Pérou par Dombey.

Leur volume est beaucoup moins considérable que celui des dents de l'Ohio.

Il a donc existé, dans l'ancien, comme dans le nouveau continent, une seconde espèce de mastodonte, à dents étroites, mais plus petites que celles de l'Ohio.

MASTODONTE DE SAXE ET D'ORLÉANS.

On a trouvé, en Saxe, et à Montabussard, près Orléans, des dents analogues à celles de Simores, mais d'un tiers plus petites.

Ainsi, ce mastodonte était beaucoup plus petit que celui de Simores.

GRAND MASTODONTE DES CORDILIÈRES.

On a trouvé, dans les Cordilières du Pérou, d'autres dents, analogues à celles de l'Ohio, et presque aussi grosses. Humboldt en a trouvé auprès du volcan d'Imboburra, dans le royaume de Quito, à douze à treize cents toises de hauteur.

Humboldt et *Alonzo* en ont trouvé de semblables dans la cordillère de Chiquites, proche *Santa-Cruz* de la Siera.

Ces dents sont carrées et ont des pointes.

PETIT MASTODONTE DU CHILI.

Humboldt a rapporté, de la *conception du Chili*, des dents analogues à celles des cordilières, mais d'un tiers plus petites.

Elles ont appartenu à une cinquième espèce de mastodonte, que Cuvier appelle *Humboldien*.

Brocchi dit qu'en Italie, on a trouvé en quatorze endroits, des os fossiles de mastodonte.

DES RHINOCÉROS FOSSILES.

On trouve dans un grand nombre d'endroits des ossements fossiles, qui ont appartenu à une espèce de rhinocéros. Il y

en a en Angleterre, proche Cantorbery; à Herzberg proche le Hartz; dans plusieurs endroits de l'Allemagne; en France, près Châlons sur Saone; dans le Val d'Arno... Mais le fait le plus extraordinaire à cet égard est un rhinocéros trouvé avec sa peau enfoui sur les bords du Vilhoui, proche la Lena, en Sibérie, par les 66 de latitude Nord. Pallas en a donné la description. Il avait beaucoup de poil.

On a ensuite agité la question. Si ces os fossiles de rhinocéros sont semblables à ceux des rhinocéros existans: c'est l'opinion de plusieurs naturalistes.

Cuvier pense le contraire (1): il a comparé les os fossiles de rhinocéros avec ceux de rhinocéros unicolore d'Asie, et ceux de rhinocéros bicorne d'Afrique, et il a vu qu'il n'y avait aucune ressemblance entre eux: d'où il conclut que les os fossiles de rhinocéros ont appartenu à une espèce qui n'existe plus.

Le crane du rhinocéros fossile est beaucoup plus allongé que celui du rhinocéros d'Afrique, que l'on lui prétend analogue.

Le rhinocéros trouvé sur les bords du Vilhoui, avait beaucoup de poil, comme l'éléphant observé par Adams.

On peut donc conclure que ce rhinocéros était une espèce particulière.

DES HIPPOPOTAMES FOSSILES.

On connaît aujourd'hui deux espèces d'hippopotames fossiles très-distinctes, l'une grande et l'autre petite.

DU GRAND HIPPOPOTAME FOSSILE.

On avait trouvé en 1725, dans les environs de la Masson,

(1) *Annales du Muséum*, cahier 37, pag. 19.

proche Montpellier, des dents fossiles, qu'on avait envoyées à Antoine de Jussieu. Cuvier a reconnu qu'elles avaient appartenu à un hippopotame.

Meot a apporté du Val d'Arno, en Italie, des os fossiles qui sont également des os d'hippopotame. *Fabroni* en a envoyé du même endroit à Cuvier.

Une mâchoire supérieure, contenant deux dents, qui était dans le cabinet de *Joubert*, et aujourd'hui dans celui de *Drée*, à également appartenu à un hippopotame.

Cuvier a comparé tous ces os fossiles avec ceux des hippopotames vivans, et y a trouvé une très-grande ressemblance. « J'a-
» voue, ajoute-t-il, que les molaires et l'astragal que j'ai
» examinés ne m'ont offert aucune différence suffisante : et il
» est assez singulier que l'animal dont l'existence, parmi les fos-
» siles, avait paru douteuse aux géologues, soit précisément
» celui dont les dépouilles sont le plus évidemment semblables aux
» ossemens du vivant. »

DU PETIT HIPPOPOTAME FOSSILE.

Cuvier a trouvé dans un bloc de pierre, déposé au Muséum de Paris, plusieurs ossemens qu'il croit avoir appartenu à une petite espèce d'hippopotame (1).

Il a retrouvé dans le cabinet de *Journu Aubert*, à Bordeaux, des ossemens semblables. Un astragal de celui-ci est près de deux tiers de fois plus petit que celui du grand hippopotame fossile.

« Voilà donc, conclut *Cuvier*, encore une espèce fossile bien

(1) *Annales du Muséum.*

» distincte de toutes celles que l'on connaît à la surface du
» globe. »

Brochi dit qu'on a trouvé des os fossiles des hippopotames en trois endroits de l'Italie.

Menard a vu retirer, en creusant dans le val de l'Arno, deux têtes d'hippopotame admirablement conservées (1).

DES TAPIRS FOSSILES.

On connaît deux espèces de tapirs fossiles. Elles se trouvent dans les provinces méridionales de la France. Cuvier a donné la description de quelques os qui leur ont appartenu (2).

LE TAPIR GIGANTESQUE.

Joubert, trésorier des états du Languedoc, avait deux mâchoires de cet animal, lesquelles appartiennent aujourd'hui à Drée. Elles ont été trouvées près de la rivière de Louza, à Saint-Lary en Cousorans.

On a trouvé aussi, près de Vienne, en Dauphiné, une dent qui fut gravée dans le *Journal de Physique* (février 1773, page 135). Cuvier dit qu'elle appartient au grand tapir. (*Annales du Muséum*, cahier 44 et 45, page 118).

DU TAPIR ORDINAIRE FOSSILE.

Dodim, en 1784, trouva dans les pentes de la montagne Noire, aux environs de Castelnau-dari, la mâchoire supérieure et inférieure d'un animal particulier, qu'il ne connût point. Il

(1) *Journal de Physique*, tom. 80.

(2) *Annales du Muséum*, cahiers 44 et 45, pag. 118.

la donna à Joubert, d'où elle a passé dans le cabinet de Drée (1).

Cuvier pense que ces ossemens avaient appartenu à un animal très-voisin du tapir ordinaire, qui se trouve au Pérou, quoique ce soit un animal différent.

Les deux espèces de tapirs fossiles, dit-il, ont donc cessé d'exister.

DU MEGATHERIUM FOSSILE.

On possède, au cabinet d'histoire naturelle de Madrid, des portions considérables de trois squelettes de cet animal, envoyés en 1789, par Loretto, vice-roi de Buenos-Ayres. Il mandait qu'on les avait trouvés dans des excavations faites sur les bords de la rivière de *Luxaro*, à une lieue de la vallée de Luxan, et à trois lieues de Buenos-Ayres, à trente pieds au-dessus du niveau de l'eau.

Cuvier a comparé les dessins de ces os avec ceux du paresseux, il y a trouvé assez de ressemblance pour croire que cet animal est du même genre.

Cependant il a les os du nez très-courts, ce qui, d'après l'ostéologie de l'éléphant et du tapir, a fait croire au professeur Lichtensten, que cet animal avait une trompe, et qu'on pouvait le regarder comme une cinquième espèce d'éléphant, qui aurait appartenu à l'Amérique méridionale. Mais *Cuvier* n'est pas de cet avis, il le croit du genre du paresseux.

Le megatherium a plusieurs rapports avec les mégalonix, mais il devait être d'un tiers plus grand.

(1) *Annales du Muséum*. cahiers 44 et 45.

DES CHEVAUX FOSSILES.

Les os fossiles de chevaux sont très-communs. On en trouve, dans plusieurs terrains d'alluvion, un assez grand nombre. Traullé en a observé dans les tourbières de la vallée de la Somme. Cuvier en a vu retirer des fondations du pont qu'on a construit vis-à-vis l'École Militaire, à Paris (1).

Mais ce qu'il y a de plus surprenant, c'est qu'on en trouve beaucoup avec les os fossiles d'éléphants, de rhinocéros..

Il y avait des milliers de dents de cheval, dit Cuvier (2), dans le célèbre dépôt d'ossemens d'éléphants, de rhinocéros, de tigres, d'hyènes, découverts en 1700, près de Canstadt, en Wurtemberg. Leur association avec les éléphants, paraît générale.

Nous avons vu retirer, de nos propres yeux, ajoute-t-il, des centaines d'os et de dents de cheval, dans le lieu même du canal de l'Ourcq, près Paris, d'où l'on retirait en même tems des os d'éléphants, et parmi ceux de cheval, il y en avait quelques-uns de véritablement pétrifiés.

Dans le dépôt de Fouvent le Prieuré, département de la Haute-Saône, d'où l'on a extrait des os d'éléphants et des os d'hyènes, on a trouvé en même tems plusieurs dents de cheval.

« On peut donc assurer, ajoute Cuvier, qu'une espèce du » genre du cheval, servait de compagnons fidèles aux éléphants, » au mammouth, et autres animaux de la même espèce, dont » les débris remplissent nos grandes couches. Mais il est im- » possible de dire jusqu'à quel point elle ressemblait à l'une ou » à l'autre des espèces aujourd'hui vivantes.

(1) Cuvier, *Annales du Muséum*, cahier 79, pag. 36.

(1) *Ibid.*, pag. 35.

« Les os fossiles des chevaux ne peuvent se distinguer des os
» des chevaux vivans ; et cependant on les trouve dans les mêmes
» couches , qui recèlent des animaux inconnus (page 34). »

DES DÉBRIS FOSSILES DES CÉTACÉS.

Les observateurs ont trouvé plusieurs débris fossiles de cétacés. Nous allons rapporter quelques-unes de leurs descriptions.

On trouve dans l'Anjou, ou département de Maine-et-Loire, du côté du Doué, une grande quantité d'os fossiles, dans des couches évidemment marines. Le professeur Renou en a envoyé plusieurs au Muséum d'histoire naturelle, à Paris. Cuvier a reconnu (1) qu'ils appartiennent tous à des animaux marins, savoir à des *phoques*, à des *lamantins* et à des *cétacés*. La plupart étaient mutilés, quelques-uns même un peu roulés. Ils paraissent donc avoir appartenu à la même mer que les coquilles dont l'amas les enveloppe, et avoir subi la même action qu'elles.

Leur substance entière est changée en un calcaire ferrugineux, assez dur, d'un brun rougeâtre.

Il se trouve parmi ces os, une portion de crâne qui a appartenu à un lamantin, mais différent de ceux que nous connaissons.

On y trouve des portions de côtes qui sont rondes ; c'est le caractère des côtes du lamantin.

J'en ai des morceaux que Renou m'a envoyés.

(1) *Annales du Muséum*, cahier 76, pag. 305.

Dargelas, naturaliste de Bordeaux, a trouvé à *Capiaus*, à dix lieues de Bordeaux, trois de ces côtes arrondies, qui ont également appartenu à des lamantins.

On trouve encore parmi ces os fossiles des environs d'Angers, des os qui ont appartenu à des phoques. Cuvier en a reçu deux de Renou; l'un a appartenu à un phoque à peu près deux fois et demie plus grand que notre phoque commun des côtes de France (*phoca vitulina Lin.*), et l'autre, à un phoque un peu plus petit que le premier.

Cortezzi a trouvé dans le terrain de Plaisance, en Italie, des fossiles de grands animaux terrestres et marins, dit Ménars (1), d'autres fossiles beaucoup plus grands, et bien plus intéressans, que les coquilles fossiles extrêmement abondantes dans ces contrées, doivent étonner sur cette contrée déjà si riche. Ce sont, dit Cortezzi, qui les a actuellement dans sa collection, les restes énormes d'un éléphant, d'un rhinocéros, d'un dauphin presque tout entier, d'une baleine, etc.

Brocchi parle de nombreux os fossiles de divers mammaux trouvés dans différens endroits d'Italie (1).

Os d'éléphants, dans quarante-six endroits.

Os du mastodonte, dans quatorze endroits.

Os de rhinocéros, dans trois endroits.

Os d'hippopotames, dans trois endroits.

Os d'urus, dans douze endroits.

Os d'elans d'Irlande, dans trois endroits.

Os de cerf, dans sept endroits.

(1) *Journal de Physique*, tom. 65, pag. 104.

(1) Brocchi, *Conchyologie fossile sub Appenium*, Journal de Phys., tom. 80, pag. 42.

DES DÉBRIS FOSSILES DE RATS.

Cuvier (1) rapporte des faits cités par divers auteurs, qui pourront faire croire que des os fossiles trouvés à Oëningen et ailleurs, ont appartenu à des animaux de la famille des rats, ou peut-être à celle de nos cochons d'Inde (Cabiai). Mais, ajoutait-il, ces observations ne sont pas assez détaillées pour qu'on puisse reconnaître les espèces d'animaux auxquels ils ont appartenu.

RÉSUMÉ SUR LES FOSSILES DES TERRAINS D'ALLUVION.

Tous les fossiles des terrains d'alluvion, ne se trouvent donc que dans les bassins des terrains des grands fleuves, ou dans des attérissemens....

Les époques où ces fossiles ont été déposés dans les terrains d'alluvion, ont varié comme celle de la formation de ces divers attérissemens.

DES DÉBRIS FOSSILES DES MAMMAUX QUI SE TROUVENT DANS LES TOURBIÈRES.

Le plus grand nombre des fossiles des tourbières paraît avoir appartenu à deux genres.

Les cerfs ;

Les bœufs.

DES DÉBRIS FOSSILES DES CERFS DANS LES TOURBIÈRES.

Les débris fossiles du genre des cerfs, qui se trouvent dans

(1) *Annales du Muséum*, cahier 79, pag. 50.

les tourbières, sont très-nombreux. Cuvier en distingue six espèces.

1. Le cerf ordinaire ;
2. Le daim ;
3. Le chevreuil ;
4. Le cerf d'Irlande ;
5. Le cerf d'Etampes ;
6. Le cerf de Scanie.

DU CERF ORDINAIRE.

J'ai le bois d'un animal qui ressemble entièrement à notre cerf ordinaire. Il a été trouvé dans les tourbières de Flandre, et m'a été envoyé par Nelis.

On en a trouvé de semblables dans les tourbières de la vallée de la Somme.

Des analogues ont été trouvés en Angleterre, en Suisse, en Italie...

DU DAIM.

On a trouvé, en Scanie, des bois fossiles d'un animal qui paraît avoir quelques rapports avec le daim. Néanmoins, Cuvier pense que c'est une espèce inconnue.

DU CHEVREUIL.

Des bois semblables à ceux de notre chevreuil ont été trouvés dans les tourbières de la vallée de la Somme.

Defay a trouvé des bois semblables à Montabuzard, près d'Orléans. Ils étaient avec des os de *Palæotherium*, de mastodonte.

DE L'ÉLAN D'IRLANDE, OU ÉLAN.

Molyneux a fait représenter, dans les *Transactions philosophiques de Londres*, n. 227, un crâne de cerf avec ses cornes, dont l'envergure était de dix pieds anglais. Il avait été retiré de terre à Dordistown, dans le comté de Méath, en Irlande. On en avait trouvé plus de trente dans le même verger.

On en a trouvé de semblables dans d'autres parties de l'Irlande, de l'Angleterre... Quelques-uns étaient avec des coquilles d'eau douce.

A Sèvres, proche Paris, dans l'endroit où on a trouvé des os d'éléphants, on a trouvé une portion de crâne, et de bois d'un animal, qui avait beaucoup de rapports avec celui-ci.

Cuvier pense que cet animal fossile était une espèce d'élan, mais différent de celui que nous connaissons.

DU CERF D'ETAMPES.

Guettard a trouvé, près d'Étampes, des bois grêles d'une espèce particulière de cerf.

Cuvier croit que cet animal est une espèce inconnue; mais qu'elle a des rapports avec le renne.

DU CERF DE SCANIE.

Parmi les animaux fossiles analogues au genre cerf, qu'on trouve en Scanie, il y en a une espèce qui paraît différer des espèces connues.

Tous ces fossiles d'animaux analogues au genre cerf, présentent de si grandes variétés, que l'on doit les examiner de nouveau.

Des bois analogues à ceux du cerf se trouvent dans les carrières de Maëstrich. J'en ai des morceaux.

DES DÉBRIS FOSSILES DES BŒUFS ET GENRES ANALOGUES DANS LES TOURBIÈRES.

Parmi les ossemens fossiles qu'on rencontre dans les tourbières, il y en a un grand nombre qui ont appartenu à des bœufs, ou autres animaux de ce genre (1).

Cuvier en distingue quatre espèces.

1. Le taureau, ou bœuf ordinaire ;
- . L'aurochs ;
3. Le bœuf musqué ;
4. L'arni, ou grand bufle de Sibérie.

DU TAUREAU COMMUN.

On a trouvé, dans les tourbières de la vallée de la Somme, des crânes d'animaux qui paraissent être de la même espèce que notre taureau ou bœuf ordinaire.

Les mêmes fossiles ont été trouvés ailleurs.

DE L'AUROCHS.

On a également trouvé dans les tourbières de la Somme les crânes fossiles d'un autre animal du même genre. Il paraît être l'aurochs ; son front est bombé, au lieu que celui du bœuf est applati... Mais peut-être l'aurochs est-il l'*urus* des anciens, une variété du bœuf.

J'ai de ces crânes trouvés dans les tourbières du côté de Chantilly, qui m'ont été donnés par Fougérai de Launai.

(1) *Cuvier, Annales du Muséum, cahiers 71 et 72, pag. 333.*

DU BŒUF MUSQUÉ.

Pallas a trouvé en Sibérie, sur les bords de l'Ob, la tête fossile d'une espèce du genre du bœuf. Les cornes en sont rapprochées comme celles du bœuf musqué du Canada.

Il a retrouvé une tête semblable du côté de Tandra.

DE L'ARNI.

Pallas a trouvé, en Sibérie, des crânes fossiles d'une grande dimension, qui ont appartenu à des animaux du genre des bœufs. Il croyait qu'ils provenaient de l'espèce de bufle appelé *arni*, qui vit aux Indes.

Cuvier pense que cet animal est inconnu, et qu'il n'existe plus.

La Sibérie, et toutes les contrées boréales, sont remplies de débris fossiles d'animaux analogues au genre des bœufs. Une île des mers glaciales, à quatre-vingts degrés de latitude nord, en est encombrée. Tous ces fossiles méritent un nouvel examen.

Cuvier remarque que les bœufs analogues aux fossiles qu'on trouve, vivent dans les mêmes contrées, pour la température, que les lieux où se rencontrent leurs fossiles.

Au lieu que les animaux fossiles de ce genre, dont on ne trouve point les analogues, paraissent appartenir à ceux qui vivent aujourd'hui dans les contrées chaudes, comme l'*arni* des Indes, qui paraît avoir quelque analogie avec le grand bufle fossile de Sibérie.

Tous ces os fossiles du genre des bœufs se trouvent dans des terrains meubles le long des grands fleuves, ou dans les tourbières.

Les naturalistes sont assez embarrassés pour prononcer sur ces espèces de bœufs. On n'a point de caractères certains.

D'ailleurs, on sait que tous nos animaux domestiques, tels que les bœufs, les chiens, les moutons, les chats, les cochons... éprouvent des changemens si considérables, qu'on ne peut dire si tels animaux, tels que le bœuf ordinaire, l'aurochs, l'urus, le bison, le zébu, et même le buffle.... sont des espèces distinctes, ou seulement des variétés d'une même espèce....

Nous avons maintenant une espèce de bœuf domestique, qui n'a point de cornes....

DES DÉBRIS FOSSILES DES SANGLIERS DANS LES TOURBIÈRES.

On a trouvé, dans les tourbières, des dents qui paraissent avoir appartenu à des sangliers. Cuvier en cite quelques-unes (*Annales du Muséum*, cahier 79, page 39); mais on manque encore de détails suffisans à cet égard.

DES DÉBRIS FOSSILES DES CASTORS.

Traullé a trouvé, dans les tourbières de la vallée de la Somme, une tête fossile qui contenait une dent que l'on a cru reconnaître pour une dent incisive de castor (1).

DES DÉBRIS FOSSILES DE CHEVAUX DANS LES TOURBIÈRES.

Des débris fossiles de chevaux ont été trouvés par Traullé, dans les tourbières de la Somme.

Nous avons déjà vu qu'on a trouvé des fossiles de chevaux dans plusieurs endroits.

(1) *Annales du Muséum*, cahier 79, pag. 47.

RÉSUMÉ SUR LES FOSSILES TROUVÉS DANS LES TOURBIÈRES.

Ces fossiles, trouvés dans les tourbières, paraissent y avoir été déposés à différentes époques.

DES DÉBRIS FOSSILES DES MAMMAUX TROUVÉS
DANS DES CAVERNES.

Différentes cavernes contiennent des débris fossiles de divers mammoux. Leibnitz, et plusieurs autres savans, en ont donné des descriptions plus ou moins exactes. Ces cavernes sont très-nombreuses en Allemagne et en Hongrie.

La Franconie offre la caverne de Gaylenreuth, dans le pays de Bareuth. On y trouve plusieurs chambres jonchées d'ossemens fossiles.

Au Hartz, on trouve la caverne de Bauman.

Proche le château de Scharzfels, est la caverne de la Licorne.

Proche Goslar, est la caverne de Hartzbourg.

La Westphalie contient plusieurs cavernes également jonchées d'ossemens fossiles.

En Hongrie, il y a pareillement différentes cavernes, connues sous le nom de *Grottes de Voleurs*, parce qu'elles sont remplis d'ossemens.

Toutes ces cavernes sont dans des pierres calcaires, et se ressemblent beaucoup.

Les os fossiles qui y sont contenus ne sont jamais roulés, quoique quelquefois brisés. Ils contiennent encore de la gélatine.

Une terre durcie, mais facile à briser, et contenant aussi des parties animales, les enveloppe, et même quelquefois les attache au fond de la caverne.

On n'y trouve point d'ossements d'animaux marins, ni de coquilles.

L'Amérique septentrionale a aussi des cavernes du même genre, telle que celle où on trouve le mégalonix, en Virginie...

DES OS FOSSILES DE L'HYENNE.

Des os fossiles de l'hyenne ont été trouvés en plusieurs endroits dans des cavernes.

La caverne de Gaylenreuth renferme plusieurs dents, que Cuvier (1) croit avoir appartenu à des hyennes.

On trouve des dents semblables dans la caverne de Mugyendorf.

La caverne de Bauman contient également des dents de cet animal.

Collini a trouvé, dans les environs de Eischtadt, une tête fossile, qui paraît être une tête de hyenne.

Sur les bords du Necker, près de Canstad, on a trouvé un crâne et plusieurs dents de hyenne. On doit observer que, près de cet endroit, il y a une forêt entière d'arbres fossiles, qu'on croit être des palmiers.

A Fouvent-le-Prieuré, proche Gray, en Franche-Comté, on a trouvé une grande quantité d'os fossiles, qui paraissent avoir appartenu à des hyennes. Ils étaient mélangés avec des machelières d'éléphants, avec des dents de chevaux....

(1) *Annales du Muséum*, cahier 40, pag. 301, et cahier 54, pag. 428.

Cuvier a comparé tous ces os fossiles avec ceux des hyennes vivantes. Il y a, dit-il, deux espèces de hyennes vivantes, une au cap de Bonne-Espérance, et l'autre dans une partie de l'Asie mineure.

Parmi ces fossiles, ajoute-t-il, il y a un astragal pas plus grand que celui de l'hyenne ordinaire. Mais les autres os fossiles sont un peu plus grands que les analogues des hyennes ordinaires.

DES TIGRES ET LIONS FOSSILES.

Un très-grand animal du genre des *felis*, a laissé de nombreuses dépouilles dans les cavernes de Hongrie et d'Allemagne. Ces dépouilles ont été examinés par un grand nombre de naturalistes.

Leibnitz a fait graver dans sa *Protogée* une portion de crâne trouvée dans la caverne de Schartzsels. *Soemering* l'a examiné de nouveau, et il assure qu'il ressemble à celui d'un lion de moyenne taille, et qu'il diffère de celui de l'ours des cavernes par trente-six points différens.

Esper a parlé d'ossemens fossiles, et surtout de dents trouvées à Gaylenreuth, qui sont semblables à celles d'un grand felis.

Camper a une demi-mâchoire fossile de Gaylenreuth, qui est bien celle d'un felis.

Cuvier (1) qui a examiné plusieurs de ces os, convient bien qu'ils ont appartenu à une grande espèce de felis; « mais les » moyens de comparaison, dit-il, que j'ai employés, m'ont » démontré, et démontreront de même à quiconque voudra les

(1) *Annales du Muséum*, cahier 54. pag. 429.

» employer, que ce morceau ne vient ni du *lion*, ni de la
 » *lionne*, ni du *tigre*, encore moins du *léopard* et de la petite
 » panthère des montreurs d'animaux : mais que si l'on voulait
 » la rapporter à une espèce vivante, ce serait au seul *jaguar*,
 » ou grande panthère œillée de l'Amérique méridionale, qu'il
 » ressemblerait le plus, surtout par la courbure de son bord in-
 » férieur. »

DES OURS FOSSILES.

On trouve dans les cavernes de Gaylenreuth et des autres contrées d'Allemagne, une grande quantité d'ossemens fossiles, dont les trois-quarts et davantage, ont appartenu à des ours. De savans anatomistes, tels que Blumenbach, Rosenmuller, ont examiné ces os, et les ont comparé à ceux des ours vivans.

Cuvier, a fait un grand travail sur ces ours. Il en conclut que ces os ont appartenu à deux espèces d'ours particulières *qu'il croit ne plus exister*. « Le tems et des recherches assidues compléteront » les lacunes de ce travail, dit-il ; mais le résultat général n'en » est pas moins constant, en ce qui concerne l'existence dans les » cavernes des os de *deux espèces, jusqu'ici inconnues parmi les » ours vivans*.

« Nous laisserons à la première, celle à front bombé, le nom » de *ursus spelæus*, que lui ont donné MM. Blumenbach et Ro- » senmuller.

» Et à la seconde celui d'*ursus actoïdeus*, que M. Blumen- » bach avait employé pour la jeune tête indéterminée que j'ai » décrite ci-dessus, mais qui peut très-bien s'appliquer à l'es- » pèce à front plat. »

(1) *Annales du Muséum*, cahiers 40 et 41, page 301.

Mais il faut observer que le nombre des espèces d'ours vivans n'est point connue, comme le prouve le travail de Cuvier lui-même. Ainsi on en pourra trouver, dont les os rapprocheront plus ou moins de ceux des ours fossiles.

Il y a en Afrique des ours qu'on connaît peu.

On doit donc entreprendre un nouveau travail sur ces ours fossiles.

DES LOUPS ET CHIENS FOSSILES.

L'existence des os fossiles de loup, dans les cavernes de Gaylenreuth, avait été annoncée par Esper. Il dit qu'on y a trouvé des crânes de loup de grandeur ordinaire, presque autant que ceux d'ours, mêlés avec des crânes de chiens de même grandeur, et avec d'autres plus petits.

Rosenmuller, *Fisché*, ont également trouvé dans ces cavernes des os fossiles, qu'ils disent avoir appartenu à des loups.

Esper dit aussi qu'il y avait des têtes de loups à Kohldorf, dans le pays d'Aichstœdt, dans les fossiles où fut prise la tête d'hyenne décrite par Collini.

Cuvier (1) a examiné des mâchoires fossiles trouvées dans les cavernes de Gaylenreuth. « Tous ces morceaux, dit-il, ressemblent tellement à leurs analogues dans les loups et les grands chiens, que l'œil a peine à y trouver des différences même individuelles. » C'est, ajoute-t-il, la première fois que je trouve, parmi des fossiles, des ossemens qui ne se distinguent en rien de ceux d'animaux encore aujourd'hui habitant la surface du même pays ».

Ces ossemens se trouvent avec ceux d'ours, de félis et d'hyenne. Ils ont la même couleur, la même consistance, la

(1) *Annales du Muséum*, cahier 54, pag. 434.

même enveloppe. Tout annonce qu'ils sont de la même époque et qu'ils ont été ensevelis ensemble.

Camper à une dent fossile de loup trouvée à Romagnano, dans le lieu où se sont trouvés les os d'éléphants décrits par *Fortis*.

D'autres ossemens fossiles de loup ont été trouvés également avec ceux d'éléphant.

Nous observerons que les loups se trouvent en Afrique souvent avec les lions, suivant *Adanson*. Mais, ajoute-t-il, ces loups d'Afrique sont plus grands que ceux d'Europe. (*Voyage au Sénégal*, page 116).

On trouve aussi des loups vivans aux Indes orientales (1), disent les voyageurs.

DES RENARDS ET CHACALS FOSSILES.

On a trouvé, dans les cavernes de *Gaylenreuth*, des os fossiles d'un animal qui a la plus grande ressemblance avec ceux du renard; et tous ceux qui les ont examinés sont de cet avis.

Cuvier en a retiré lui-même plusieurs, d'un bloc tufacé, qui était rempli de ces os, ainsi que de ceux d'ours et d'hyenne (2). Ils étaient dans le même état que ceux-ci, également altérés. Ainsi, on ne peut douter qu'ils n'eussent été ensevelis à la même époque. Tous ces os comparés à leurs analogues, dans un squelette de renard adulte, se sont trouvés un peu plus grands. Mais ces différences ne sont pas assez fortes pour établir une différence d'espèce. Car il y a différentes espèces de renard, comme celui du cap, le chacal, le corsac, dont la grandeur varie.

(1) *Bibliothèque britannique*.

(2) *Annales du Muséum*, cahier 5 $\frac{1}{4}$, pag. 435.

D'après ce que je puis juger, ajoute Cuvier, sur un squelette incomplet du *chacal*, que j'ai à ma disposition, je ne serais nullement étonné que ces os fossiles ressemblassent plus à cet animal qu'à notre renard commun.

DU PUTOIS D'EUROPE, ET DE CELUI DU CAP, FOSSILES.

Les cavernes de Gaylènreuth contiennent, avec les ossemens fossiles des grands animaux dont nous venons de parler, ceux d'une plus petite espèce, qui paraît appartenir au putois. Cuvier a trouvé des os de ce petit animal, dans le même bloc de pierre de ces cavernes, qui contenait des os d'ours, d'hyenne, et de renard (1). Ces os étaient :

- 1^o. Une portion du bassin.
- 2^o. Une vertèbre dorsale.
- 3^o. Deux vertèbres de la queue.
- 4^o. Deux os du métatarse.
- 5^o. Une phalange.

Ce sont bien certainement, dit-il, des os de *martres*, et parmi les martres, dont j'ai les squelettes à ma disposition, il n'y a que le *putois d'Europe* et le *putois du cap de Bonne-Espérance*, ou *Zorille*, auxquels on puisse les rapporter.... *Ils sont, dans le ZORILLE et dans le PUTOIS, entièrement semblables aux échantillons fossiles.*

DU MÉGALONIX FOSSILE.

Dans le comté de Green-Briar, à l'ouest de la Virginie, il y a plusieurs cavernes dont le sol est calcaire, et qui, par conséquent, ressemblent beaucoup à celles d'Allemagne. On trouve, dans une de ces cavernes, beaucoup d'ossemens fossiles. Jeffer-

(1) *Annales du Muséum*, cahier 54, pag. 437.

son en fut averti par Washington. Il s'y transporta, et il fit la description de ces ossemens dans un mémoire qu'il lut à la société de Philadelphie, le 10 mars 1797. Il crut que l'animal auquel ils avaient appartenu, était de la famille des lions; et il l'appela, en conséquence *mégalonix*. Il devait avoir plus de cinq pieds de hauteur, et peser près de neuf cents livres (1).

Cuvier ayant reçu, de Palissot de Beauvois, une dent de cet animal, et de Péale, des modèles de plusieurs os du même animal, croit qu'il est du genre des paresseux, par la comparaison qu'il a faite de ces os fossiles, avec ceux de ces animaux. Mais il pense que cet animal avait une très-grande taille, il égalait celle des plus grands bœufs de la Suisse et de la Hongrie.

Mais de nouveaux faits donnent d'autres idées sur cet animal.

Clinton vient de décrire une espèce particulière de grands ours trouvés dans ces contrées, et qui paraît également exister en Tartarie. Ces os paraissent avoir beaucoup de rapports avec ceux du mégalonix, suivant *Blainville*. *Journal de Physique*, tom. 81, pag. 416.

RÉSUMÉ SUR LES OS FOSSILES TROUVÉS DANS LES CAVERNES.

Les époques où ont été déposés ces fossiles des mammiaux qui se trouvent dans les cavernes, ont dû beaucoup varier.

La connaissance des ossemens fossiles des mammiaux s'enrichit tous les jours de nouveaux faits. Des naturalistes instruits visitent les nouvelles fouilles que l'on fait, et décrivent les débris fossiles qu'ils y trouvent.

(1) *Annales du Muséum.*

Mais une des choses qui intéressent le plus le géologue, est de pouvoir rapporter ces fossiles aux ossemens des mammaux existans.

Or, on acquiert chaque jour de nouvelles notions sur les mammaux existans. Cette branche de l'histoire naturelle fait donc des progrès considérables.

FIN DU SECOND VOLUME.

TABLE

DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME SECOND.

SECTION SIXIÈME.

<i>De la composition et cristallisation des substances dont sont composés les terrains secondaires.</i>	Page	1
<i>De la composition des pierres calcaires compactes des terrains secondaires.</i>		9
<i>De la formation des couches de craie.</i>		12
<i>De la formation des silex, des calcédoines, des ménilites..... qui se trouvent dans les terrains secondaires.</i>		17
<i>De la composition des couches de gypses des terrains secondaires.</i>		20
<i>De la composition des couches d'appatit, dans les terrains secondaires.</i>		21
<i>De la composition du fluor dans les terrains secondaires.</i>		23
<i>De la composition des schistes dans les terrains secondaires.</i>	Ibid.	
<i>De la composition des couches argileuses des terrains secondaires.</i>		24
<i>De la composition des terres magnésiennes des terrains secondaires.</i>		26
<i>De la formation des couches gréseuses (de grès), des terrains secondaires.</i>		27
<i>De la composition des houilles, et substances bitumineuses.</i>		28

<i>De la formation des couches bitumineuses de la montagne de Saint-Gilles, près Liège.</i>	Page 31
<i>Des terrains où sont situés les houillères.</i>	37
<i>Des bois fossiles.</i>	38
<i>Des tourbes.</i>	44
<i>De l'ampélite.</i>	47
<i>Du Jayet.</i>	Ibid.
<i>Du lihantrax, charbon minéral, ou des houilles et des substances bitumineuses.</i>	49
<i>De l'anhracite.</i>	52
<i>De l'asphalte.</i>	Ibid.
<i>Des huiles minérales.</i>	53
<i>De la minéralisation des substances bitumineuses.</i>	56
<i>De la formation et des dépôts des couches bitumineuses.</i>	62
<i>De la formation des couches sulfureuses dans les terrains secondaires.</i>	63
<i>De la formation des strontianites dans les terrains secondaires.</i>	66
<i>De la formation des barytites dans les terrains secondaires.</i>	Ibid.
<i>De la formation des substances métalliques qui se trouvent dans les terrains secondaires.</i>	67
<i>Des substances métalliques apportées dans les terrains secondaires.</i>	68
<i>De la formation des masses métalliques à l'état terreux.</i>	70
<i>De la formation des masses métalliques en couches dans les terrains secondaires.</i>	Ibid.
<i>De la formation des masses métalliques en nids dans les terrains secondaires.</i>	71
<i>De la formation des couches de sel gemme dans les terrains secondaires.</i>	73
<i>De la formation des cristaux particuliers dans les masses des terrains secondaires.</i>	81
<i>Des substances étrangères contenues au milieu des couches</i>	

<i>secondaires.</i>	Page 82
<i>Résumé.</i>	84
<i>De la formation des montagnes et des vallées des terrains secondaires.</i>	86
<i>De la formation des terrains des environs de Paris.</i>	91
<i>De la direction des couches minérales des terrains secondaires, soit pierreuses, soit bitumineuses, soit métalliques.</i>	103
<i>Des limites des couches minérales des terrains secondaires.</i>	104
<i>Des terrains secondaires plus élevés que les primitifs.</i>	108
<i>De la position horizontale ou inclinée des couches secondaires.</i>	110
<i>Des failles.</i>	112
<i>De la formation des cavités souterraines dans les terrains secondaires.</i>	113
<i>Des terrains primitifs superposés sur des terrains secondaires.</i>	115
<i>Des terrains de transition.</i>	117
<i>De l'action des courans des eaux des mers à la surface des terrains secondaires.</i>	118
<i>De la dégradation des terrains secondaires.</i>	119
<i>De la formation des mines métalliques par transport.</i>	120
<i>De la formation et du transport des brèches, poudrings et sables des terrains secondaires.</i>	Ibid.
<i>Du transport des masses granitiques sur des terrains secondaires.</i>	121
<i>De la composition des terrains formés dans les eaux douces.</i>	125
<i>De la formation des terrains d'alluvion par les fleuves.</i>	127
<i>De la formation des brèches et poudrings des terrains d'alluvion.</i>	128
<i>De la formation des limons.</i>	Ibid.
<i>De la formation des sables des terrains d'alluvion.</i>	129
<i>De la formation des monticules d'alluvion, ou tertiaires, des vallées et des plaines.</i>	150

SECTION SEPTIÈME.

<i>De la formation et de la composition des terrains volcaniques.</i>	Page 132
<i>Des bouches des volcans.</i>	133
<i>Des cavités volcaniques.</i>	135
<i>Des éjections volcaniques.</i>	136
<i>Des dégagemens des vapeurs dans les éjections volcaniques.</i>	138
<i>Des différentes espèces de substances volcaniques.</i>	Ibid.
<i>Des laves prismatiques.</i>	147
<i>De la dévitrification des substances volcaniques.</i>	151
<i>De l'origine des substances cristallisées qui se trouvent dans les matières volcaniques.</i>	153
<i>Quelques substances cristallisées qui se trouvent dans les laves, ont-elles été formées avant ces laves ?</i>	154
<i>Quelques substances cristallisées avec les laves, paraissent avoir été formées avec ces laves.</i>	Ibid.
<i>Quelques substances cristallisées avec les laves, y ont été déposées par infiltration.</i>	156
<i>Quelques substances cristallisées avec les laves, y ont été déposées par sublimation.</i>	157
<i>Quelques-unes des substances cristallisées, vomies par les volcans, n'en ont subi aucune altération.</i>	158
<i>De l'activité des feux volcaniques.</i>	161
<i>De la profondeur des foyers volcaniques.</i>	164
<i>De l'intermittence d'action de quelques volcans.</i>	169
<i>Des communications des foyers des volcans.</i>	170
<i>Comment les feux volcaniques brûlent-ils sans communication avec l'air.</i>	172
<i>De la force d'explosion des volcans.</i>	176
<i>De l'action, dans les volcans, de l'eau et autres substances.</i>	

<i>réduites à l'état aériforme.</i>	Page 177
<i>De l'action de l'air.</i>	180
<i>De l'action des autres substances de l'intérieur des volcans, réduites à l'état aériforme.</i>	181
<i>Du soulèvement des montagnes, et de leur affaissement par l'explosion des volcans.</i>	183
<i>Des pluies qui accompagnent les éruptions volcaniques.</i>	186
<i>Des jets d'eaux chaudes qui accompagnent les phénomènes volcaniques.</i>	188
<i>De l'électricité des volcans.</i>	189
<i>Des volcans d'air.</i>	190
<i>Des commotions souterraines, sans apparence de feux souterrains.</i>	191
<i>De la nature des terrains où sont situés les volcans.</i>	195
<i>De la dégradation des terrains volcaniques, des brèches, des poudings volcaniques.</i>	198
<i>De la nature des substances volcaniques.</i>	199
<i>Des causes des phénomènes volcaniques.</i>	203
<i>L'anthracite contribue-t-il aux feux volcaniques ?</i>	206
<i>Les différens sulfures, et principalement ceux de fer, contribuent-ils aux phénomènes volcaniques ?</i>	Ibid.
<i>Le soufre entretient-il les feux volcaniques ?</i>	209
<i>Les substances métalliques peuvent-elles contribuer à entretenir les feux volcaniques ?</i>	210
<i>Les bois fossiles, les tourbes et les bitumes contribuent-ils aux feux volcaniques ?</i>	Ibid.
<i>La décomposition des alkalis peut-elle contribuer à l'entretien des feux volcaniques ?</i>	219
<i>De l'action de la pile voltaïque dans les phénomènes volcaniques.</i>	220
<i>Résumé.</i>	238
<i>Des époques des volcans.</i>	239

<i>De la formation des terrains pseudo-volcaniques.</i>	Page 242
<i>De la formation et de la composition des météorolites.</i>	243

SECTION HUITIÈME.

<i>Des changemens arrivés à la surface du globe, postérieurement à sa formation.</i>	248
<i>De l'abaissement général des terrains élevés, et de l'exhaussement des plaines et des vallées.</i>	249
<i>De l'affaissement et renversement de quelques montagnes.</i>	250
<i>Des montagnes et des vallées produites par des affaissemens.</i>	256
<i>Des montagnes et des vallées produites par des soulèvements.</i>	259
<i>Des montagnes et des vallées produites par l'explosion des feux souterrains.</i>	260
<i>Des montagnes et des vallées produites par l'action des feux sousmarins.</i>	266
<i>Des montagnes et des vallées produites par des retraites de terrains.</i>	268
<i>De quelques montagnes et vallées produites par les courans des eaux.</i>	270
<i>Résumé général sur la formation postérieure de quelques montagnes et vallées, et sur les changemens arrivés à la surface du globe.</i>	271

SECTION NEUVIÈME.

<i>De la masse des eaux à la surface du globe, postérieurement à sa formation, et de leur diminution.</i>	275
<i>La masse des eaux, à la surface du globe, n'a-t-elle pas varié ?</i>	276
<i>Des preuves géologiques et historiques de la diminution des</i>	

<i>eaux à la surface du globe.</i>	Page 277
<i>De la cause de l'abaissement du niveau des eaux des mers.</i>	293
<i>La masse des eaux à la surface de la terre a éprouvé de grandes variations.</i>	294
<i>Les eaux peuvent-elles se changer en airs?</i>	ibid.
<i>Les eaux peuvent-elles se changer en terre?</i>	295
<i>Une partie considérable des eaux primitives peut-elle demeurer suspendue dans l'atmosphère?</i>	296
<i>Les eaux de la surface de la terre peuvent-elles passer en d'autres globes?</i>	ibid.
<i>Les eaux de la surface de la terre se sont enfouies dans l'intérieur du globe.</i>	298
<i>Cet abaissement a été fait successivement.</i>	301
<i>Les eaux des mers abandonnent-elles certaines contrées, pour en envahir d'autres?</i>	303
<i>Les eaux des mers ont-elles couvert les continents à diverses époques?</i>	304
<i>Tous les phénomènes géologiques peuvent être expliqués sans supposer que les eaux aient couvert le globe à différentes époques.</i>	305
<i>Des inondations produites par différentes causes locales.</i>	306
<i>Des inondations produites par les pluies.</i>	307
<i>Des inondations produites par des vents violens.</i>	308
<i>Des inondations produites par les explosions des feux souterrains.</i>	311
<i>Des inondations produites par la chute des montagnes.</i>	312
<i>Des inondations produites par les débordemens des lacs.</i>	313
<i>Résumé sur ces inondations.</i>	324
<i>Des inondations générales, ou des déluges universels.</i>	325
<i>Résumé sur l'abaissement du niveau des eaux des mers.</i>	333
<i>Les eaux des mers continueront à diminuer sur toute la surface du globe.</i>	334

SECTION DIXIÈME.

<i>Des débris fossiles des animaux et des végétaux.</i>	Page 335
<i>Y a-t-il des débris fossiles de l'homme ?</i>	340
<i>Des ouvrages fossiles travaillés par mains d'hommes.</i>	341
<i>Des haches fossiles.</i>	ibid.
<i>Des morceaux métalliques travaillés par les hommes.</i>	342
<i>Des os fossiles de singes.</i>	343
<i>L'homme a-t-il été produit postérieurement aux autres animaux ?</i>	344
<i>Des débris fossiles des mammoux, trouvés dans les pierres.</i>	349
<i>Du palæotherium medium.</i>	350
<i>Du palæotherium magnum.</i>	351
<i>Du palæotherium minus.</i>	ibid.
<i>Des débris fossiles des anoplotherium.</i>	352
<i>De l'anoplotherium commun.</i>	ibid.
<i>De l'anoplotherium medium.</i>	353
<i>De l'anoplotherium minus.</i>	ibid.
<i>De l'anoplotherium minimum.</i>	ibid.
<i>Des débris fossiles de deux animaux qui approchent du renard et de la mangouste, trouvés à Montmartre.</i>	354
<i>Des débris fossiles des marmoses.</i>	ibid.
<i>Des lagomys fossiles.</i>	355
<i>Des débris fossiles des mammoux trouvés dans des brèches.</i>	356
<i>Des brèches osseuses de Gibraltar, qui contiennent des fossiles.</i>	ibid.
<i>Des brèches osseuses de Cette, qui contiennent des fossiles.</i>	357
<i>Des brèches osseuses de Nice et d'Antibes.</i>	ibid.
<i>Des brèches osseuses de Corse.</i>	358
<i>Des brèches osseuses de Dalmatie.</i>	ibid.
<i>Des brèches osseuses de l'île de Cerigo.</i>	ibid.
<i>Des os fossiles de concud, près Terruel, en Arragon.</i>	359

<i>Des concrétions osseuses du vicentin et du véronois.</i>	Page 359
<i>Résumé général sur les fossiles des brèches.</i>	ibid
<i>Des débris fossiles des mammaux trouvés dans les terrains d'alluvion.</i>	ibid.
<i>Des fossiles d'éléphants.</i>	360
<i>D'un éléphant trouvé dans les glaces de la mer Glaciale.</i>	363
<i>Des Mastodontes fossiles.</i>	364
<i>Du mastodonte de l'Ohio.</i>	365
<i>Du grand mastodonte de Simores.</i>	366
<i>Mastodonte de Saxe et d'Orléans.</i>	367
<i>Du grand mastodonte des Cordilières.</i>	ibid.
<i>Du petit mastodonté du Chili.</i>	idid.
<i>Des rhinocéros fossiles.</i>	ibid.
<i>Des hippopotames fossiles.</i>	368
<i>Du grand hippopotame fossile.</i>	ibid.
<i>Du petit hippopotame fossile.</i>	369
<i>Des tapirs fossiles.</i>	370
<i>Du tapir gigantesque.</i>	ibid.
<i>Du tapir ordinaire fossile.</i>	ibid.
<i>Du megatherium fossile.</i>	371
<i>Des chevaux fossiles.</i>	372
<i>Des débris fossiles des cétacés.</i>	373
<i>Des débris fossiles des rats.</i>	375
<i>Résumé sur les fossiles des terrains d'alluvion.</i>	ibid.
<i>Des débris fossiles des mammaux qui se trouvent dans les tourbières.</i>	ibid.
<i>Du cerf ordinaire.</i>	376
<i>Du daim.</i>	ibid.
<i>Du chevreuil.</i>	ibid.
<i>De l'élan d'Irlande.</i>	377
<i>Du cerf d'Etampes.</i>	ibid.
<i>Du cerf de Scanie.</i>	ibid.

<i>Des débris fossiles des bœufs et genres analogues dans les tourbières.</i>	Page 378
<i>Du taureau commun.</i>	ibid.
<i>De l'auroches.</i>	ibid.
<i>Du bœuf musqué.</i>	379
<i>De l'arni.</i>	ibid.
<i>Des débris fossiles des sangliers dans les tourbières.</i>	380
<i>Des débris fossiles des castors.</i>	ibid.
<i>Des débris fossiles de chevaux dans les tourbières.</i>	ibid.
<i>Résumé sur les fossiles trouvés dans les tourbières.</i>	381
<i>Des débris fossiles des mammaux trouvés dans des cavernes.</i>	ibid.
<i>Des os fossiles de l'hyenne.</i>	382
<i>Des tigres et lions fossiles.</i>	383
<i>Des ours fossiles.</i>	ibid.
<i>Des loups et des chiens fossiles.</i>	385
<i>Des renards et chacals fossiles.</i>	386
<i>Du putois d'Europe, et de celui du Cap, fossiles.</i>	387
<i>Du mégalonix fossile.</i>	ibid.
<i>Résumé sur les os fossiles trouvés dans les cavernes.</i>	388

FIN DE LA TABLE.