

tance ne se montrent pas indistinctement dans tous les gisemens; la nature n'a pas opéré au hasard. On remarque, au contraire souvent, que des formes cristallines sont semblables lorsqu'elles se trouvent dans des gisemens et des circonstances analogues, tandis qu'elles sont différentes dans des circonstances opposées.

Ainsi la chaux carbonatée en prisme hexaèdre provient de quelques mines du hartz, où on la trouve dans des filons qui traversent des schistes argileux et où ils sont accompagnés d'argent antimonié sulfuré, d'antimoine sulfuré, d'arsenic natif, etc. Les variétés qu'Haüy a nommées *métastatique* et *bisalterne* nous viennent, en grande partie, du Derbyshire, où elles se trouvent dans des filons qui traversent un calcaire coquillier, et où elles sont accompagnées de zinc sulfuré, de chaux fluatée et souvent de bitume. La variété en *rhomboïde inverse* se rencontre dans des terrains de sédiment et principalement dans l'intérieur des coquilles qu'ils renferment.

L'*arragonite*, qui vient d'Espagne et des Pyrénées, et qui existe empâtée dans des masses argileuses, mélangées de chaux sulfatée, diffère par sa forme de celle que contiennent les terrains volcaniques; et les cristaux de cette même substance que l'on rencontre dans les minerais de fer, ceux de Saltzbourg, qui sont accompagnés de baryte sulfatée et de chaux carbonatée ordinaire, ont aussi des caractères particuliers.

Des différences aussi notables existent entre la cristallisation de la chaux phosphatée de Bohême, de Saxe, du St-Gothard, et celle de Norvège et du cap de Gates.

Dans le pyroxène, les cristaux de Norvège qui se trouvent avec du fer oxidulé, ceux de la vallée d'Ala

en Piémont, qui font partie d'une roche particulière de grenat; ceux du Tyrol, empâtés dans la chaux carbonatée laminaire, sont tous très-distincts par leurs formes, puisqu'aucune n'a été observée parmi les pyroxènes des terrains volcaniques.

L'amphibole, le feldspath, le fer oligiste offrent des différences aussi notables.

Quand des cristaux de forme différente se rencontrent dans la même création, chaque forme est presque toujours circonscrite dans un espace particulier. Et, d'un autre côté, si l'on trouve des cristaux très-différens de la même substance réunis sur le même groupe, et qui, par conséquent, se sont bien formés dans le même gisement, on reconnaît que ces cristaux, loin d'être mêlés au hasard, se montrent successivement, et qu'ils proviennent de divers dépôts qui se sont formés à des époques différentes. Ils se distinguent d'ailleurs par leur couleur ou par leur degré de transparence, en sorte que l'on doit supposer que les diverses époques de leur formation étaient accompagnées de circonstances particulières. C'est aussi ce qui paraît avoir lieu pour certains cristaux qui, après avoir affecté une forme déterminée, sont passés à une forme différente par une suraddition de matière de même nature sur quelques-unes de leurs parties. Le degré de transparence ou la couleur particulière de la couleur additive annoncent clairement que les circonstances environnantes étaient différentes aux diverses époques de l'accroissement de ces cristaux.

D'un autre côté, les mêmes circonstances de gisement, c'est-à-dire la même position et la présence des mêmes minéraux accompagnant, produisent des formes analogues, bien que les lieux de gisement soient séparés par des espaces considérables. Ainsi partout,

dans les masses argileuses mélangées de chaux sulfatée, dans l'Arragon, dans le Béarn, ou dans les Landes, l'arragonite présente les mêmes variétés de formes et les mêmes groupemens, tandis que, dans les minerais de fer, soit en France, soit en Carinthie, les cristaux de cette substance, d'ailleurs bien distincts des premiers, présentent assez constamment les mêmes formes dominantes. Dans les terrains volcaniques, l'arragonite est encore partout la même.

Le terrain d'Arandal en Norvège, et celui de Traverselle en Piémont, semblables sous plusieurs rapports, présentent des cristaux de pyroxène qui ont entre eux la plus grande analogie.

Les terrains volcaniques, qui sur tous les points du globe ont les plus grands rapports, offrent presque partout les mêmes variétés de pyroxène et d'amphibole.

Les porphyres, les terrains chloriteux, qui renferment chacun des cristaux différens de feldspath, en présentent partout aussi les mêmes variétés.

Les granites, qui se trouvent dans des contrées si différentes, contiennent des cristaux de feldspath qui ont presque toujours la même forme et qui sont maclés de la même manière.

Ces importantes considérations, développées par M. Beudant, l'ont conduit à une série d'expériences qui lui ont en partie dévoilé les lois accessoires de la cristallisation, et dont nous allons indiquer sommairement les principaux résultats. Il a reconnu trois causes principales de variations, dont chacune peut agir isolément, et donne alors constamment une forme particulière, ou bien conjointement avec une ou plusieurs autres, d'où paraît résulter cette multitude de formes qu'une même espèce de sels est susceptible de prendre. Ces trois causes sont :

1° Les mélanges mécaniques de matières étrangères qu'un sel peut entraîner dans sa cristallisation ;

2° La nature du liquide au milieu duquel se forment les cristaux d'une substance, nature qui peut varier par les matières solides, liquides ou gazeuses tenues en solution, et qui ne sont pas susceptibles de se combiner avec celle qui cristallise ;

3° La combinaison, en proportions variables, de telle ou telle substance avec celle qui cristallise.

Influence des mélanges mécaniques. — Quand les matières étrangères sont en suspension pendant la cristallisation, elles se déposent par zones concentriques dans l'intérieur du cristal dans l'intervalle de ses divers accroissemens ; mais si le sel cristallise au milieu même du dépôt, les cristaux en entraînent une petite portion, et sont toujours alors d'une forme plus simple et plus régulière que celle qu'ils auraient prise naturellement en se formant en liberté. Les cristaux qui naturellement ont empâté ainsi des substances étrangères, sont toujours plus simples que les autres : tels sont ceux d'axinite, de feldspath, etc., qui sont remplis de particules de mica, et qui sont plus simples que les cristaux purs que l'on trouve à côté sur le même groupe.

Influence de la nature du liquide. — Le liquide dans lequel s'opère la cristallisation, a nécessairement une action marquée sur la forme des cristaux. M. Beudant l'a démontré par un grand nombre d'expériences, et notamment en ajoutant ou en retranchant une petite portion de l'acide des sels. En ajoutant un peu d'acide à une solution de sulfate de fer, on obtient des formes plus compliquées. Comme il est rare que dans des filons ou dans des cavités quelconques des cristaux se trouvent seuls, on doit attribuer à cette cause la plus grande

partie des variations de formes dans les cristaux naturels. Tels sont les exemples que nous avons cités relativement au carbonate de chaux, à l'arragonite, etc.

Influence des matières qui se combinent. — Les matières qui peuvent se combiner changent la forme des cristaux, tantôt en les rendant plus simples, tantôt, au contraire, en leur procurant des facettes additionnelles; mais les formes dues à cette cause sont constantes si les proportions et les autres circonstances accessoires restent les mêmes. C'est sans doute à des combinaisons de ce genre que sont dues les formes variées des nombreux silicates qui existent dans la nature.

En appliquant ces trois causes de variations aux substances qui existent dans les roches, M. Beudant explique le changement de forme qu'un même cristal peut offrir à différentes époques de son accroissement, et les superpositions de cristaux sur le même échantillon. Il suffit d'admettre que la dissolution a changé de nature, ce qui a dû arriver souvent.

La présence d'un dépôt épais dans lequel la cristallisation s'opère, produit toujours ou des cristaux isolés ou des boules de cristaux. C'est en effet ce que l'on observe souvent, car c'est dans les argiles et les marnes que se rencontrent presque toujours les beaux cristaux isolés de gypse, de chaux carbonatée, de fer sulfuré, etc., ou bien les boules de pyrite, de strontiane fibreuse, de gypse, etc. Il s'établit alors des centres d'attraction qui donnent naissance à des cristaux et quelquefois à des masses globuleuses ou aplaties, qui ne sont pas cristallisées. Ainsi les ménilites se solidifient en boules ou en masses irrégulières au milieu de la chaux carbonatée pâteuse. Les silix se séparent de même en bancs verticaux et en rognons distincts dans presque tous les ter-

rains de craie, au lieu de rester mélangés à la masse, comme dans les calcaires siliceux.

C'est en étudiant, comme l'a fait M. Beudant avec un soin scrupuleux, toutes les petites actions d'affinité auxquelles la matière est soumise, que nous pourrions peut-être par la suite pénétrer une partie du mystère qui voile encore toutes les créations des deux règnes.

De la nitrification.

On rencontre dans l'Inde, dans l'Amérique, en Egypte et même sur quelques parties de l'Europe méridionale, des plaines qui se couvrent d'efflorescences pendant les chaleurs, et qui chaque année reproduisent le même phénomène. Ce sont des nitrates, et notamment ceux de potasse, de chaux et de magnésie, qui se développent en si grande quantité. On recueille, pour les besoins du commerce, beaucoup de ces sels, et, chaque année, la même quantité vient s'effleurir.

Nous voyons aussi le salpêtre se former dans nos appartemens, dans tous les lieux humides, dans les caves, etc. On l'a rencontré en abondance dans l'île de Ceylan. Il y a dans cette île vingt-deux cavernes d'où l'on extrait le nitre. Les principales sont celles de Mémoora, de Boulat-Welgoddi et d'Ouva.

M. Fournet a aussi observé des houppes soyeuses de salpêtre sur les laves de Chalusset, en Auvergne. M. Gaultier de Claubry, dans son travail sur les calcaires nitrifiables du bassin de Paris, cite particulièrement ceux de la Roche-Guyon. Le calcaire qui se nitrifie dans cette localité est une craie très-poreuse, dont les couches sont coupées à pic et exposées au midi à l'action directe des rayons solaires. Les parties qui sont au nord n'en fournissent que très-peu. Le salpêtre se dépose

particulièrement sur les arêtes des entailles faites avec la hache des exploitans et sur les bords des silex. La nitrification cesse là où il se trouve de petites couches de calcaire grossier. L'action est rapide, car on gratte la surface des couches qui se forment journellement, plusieurs fois par an. La nitrification est abondante dans les saisons chaudes et humides; elle l'est moins dans les saisons chaudes et sèches, et encore moins dans les saisons froides et humides (1).

On ne peut disconvenir que dans ces différens exemples le nitre ne se forme journellement et successivement; car il est impossible d'admettre qu'il sorte ainsi, depuis des siècles, des couches intérieures du globe. On sait, d'ailleurs, qu'on peut le former artificiellement, comme cela se pratique depuis long-temps en Prusse et en Suède.

On a remarqué que les matières ou simplement les émanations animales favorisaient beaucoup sa formation. Aussi, dans nos maisons, c'est dans les lieux humides et long-temps habités par les hommes et les animaux qu'il se dépose de préférence. Mais on ne peut admettre une telle supposition ni pour le salpêtre de l'Inde, ni pour ceux de Ceylan, pas plus que pour ceux de Roche-Guyon et de Chaluset. On pense avec raison que la potasse peut être contenue dans le sol, puisque presque partout les roches renferment du feldspath qui, par sa décomposition, peut en fournir; mais l'acide nitrique ne peut provenir que de l'atmosphère ou de matières animales. Plusieurs chimistes regardent ces dernières comme indispensables à la forma-

(1) GAULTIER DE CLAUERY, *Annales de chimie et de physique*, t. LII, p. 24.

tion du nitre; d'autres assurent que l'atmosphère seule produit l'acide nitrique qui se combine à la base. Il faut, dans tous les cas, le contact d'une roche poreuse qui sert en quelque sorte de support à l'opération, et qui recevant dans ses pores la potasse et l'acide nitrique, ou du moins les élémens qui les composent, permette à ces corps de se combiner dans son tissu. Probablement aussi la roche poreuse agit en favorisant quelque action électro-chimique et peut-être la création de l'acide nitrique. Que l'on assure que les matières animales concourent puissamment à la nitrification, personne ne soutiendra une thèse contraire; mais tout démontre que leur présence n'est pas indispensable, et que, dans certains cas, leur contact est même impossible.

Comment supposer, par exemple, qu'à la Roche-Guyon, la craie puisse recevoir assez d'émanations animales pour entretenir cette fabrication continuelle de salpêtre? Comment surtout concevoir l'efflorescence des ces grandes plaines des contrées méridionales? On pourrait plutôt admettre la coopération de ces matières organiques, quand le salpêtre se produit dans des cavernes, comme à l'île de Ceylan; mais sir John Davy, qui les a visitées, émet précisément une opinion contraire.

« Les roches dans lesquelles elles sont creusées contiennent toujours au moins du carbonate de chaux et du feldspath. La décomposition de celui-ci fournit la base; et le carbonate, en exerçant sur l'oxigène et l'azote de l'atmosphère une action particulière, mais dont jusqu'ici on n'a pas du tout compris la nature, donne naissance à l'acide. La présence simultanée de l'air atmosphérique, de la chaux et d'un minéral alcalin, est absolument nécessaire à la production du salpêtre. Cette production est singulièrement favorisée par l'existence d'un peu d'humidité et celle d'une petite quantité de matières ani-

males ; mais ces deux dernières circonstances ne sont pas indispensables (1). »

M. Fournet, dont toutes les observations ont été faites avec un jugement remarquable, a proposé une théorie de la nitrification qui semble s'accorder très-bien avec les procédés qu'emploie la nature dans cette mystérieuse opération. Il croit aussi que l'acide nitrique peut être produit sans le concours de matières organiques, par la seule réaction des élémens de l'air et de la vapeur d'eau. Il rappelle les travaux de M. de Saussure qui constatent que l'oxigène est plus condensé par les corps poreux que l'azote, dans le rapport de 6, 50 à 4, 02 ; et ceux de MM. de Humboldt et Gay-Lussac, qui ont observé que l'air dégagé de l'eau par l'ébullition contient d'autant plus d'oxigène, que les diverses fractions de ce gaz ont été recueillies plus tard. Il en résulte que l'oxigène est non-seulement retenu avec une grande force, mais ce qu'il y a de remarquable, c'est que la composition des dernières parties du gaz approche beaucoup de celle du protoxide d'azote. M. Fournet en a conclu qu'il pourrait se faire que les actions réunies des corps poreux et de l'eau sur les élémens de l'air, produisissent d'abord du protoxide d'azote, puis du nitrate d'ammoniaque, attendu que l'on sait que ce dernier sel se décompose en protoxide d'azote et en vapeur d'eau. Ce nitrate, une fois formé, réagit sur les carbonates alcalins, leur cède son acide, et se change en nitrate de potasse, tandis que l'ammoniaque se combine avec l'acide carbonique et se dégage.

M. Fournet appuie sa théorie sur le fait bien connu qu'une étincelle électrique, en traversant l'air, forme

(1) Sir JOHN DAVY, *Annales de Chimie*, t. XXV, p. 209.

du nitrate d'ammoniaque, que l'on retrouve en dissolution dans l'eau des pluies d'orage ; on sait ensuite que la plupart des corps minéraux poreux, et notamment les oxides, contiennent naturellement de l'ammoniaque. Enfin, M. Becquérél a toujours observé que dans toute action électro-chimique, quelque faible qu'elle soit, si l'eau est décomposée au contact de l'air, il y a toujours formation d'ammoniaque.

Des remplacemens ou épigénies.

Il arrive souvent dans les différentes couches de sédiment, que des cristaux empâtés dans ces couches, ou même des corps organiques qui s'y trouvaient contenus, ont entièrement disparu, et l'on trouve alors de véritables moules d'une exactitude remarquable ; mais ce qui arrive aussi quelquefois, c'est que ces moules sont remplis par une matière tout-à-fait différente de celle qui s'y trouvait contenue. Ainsi, on voit du quartz qui a remplacé du sulfate de chaux, de la chaux fluatée, de la chaux carbonatée, ou de la silice qui a rempli des cavités qu'avaient laissées des branches d'arbres, des coquillages ou d'autres débris du règne organique. Quoiqu'on n'aperçoive pas distinctement comment la première substance s'est dissipée, ni par quel moyen la seconde est venue la remplacer, on comprend cependant la possibilité d'un tel changement au moyen de liquides chargés de différens corps. On conçoit plus difficilement, dans une substance composée, comment un des élémens a pu s'échapper et être remplacé par un autre ; c'est cependant ce qui arrive assez souvent. Fréquemment on rencontre des sulfures de fer qui ont perdu leur soufre, et dont le fer, en absorbant de l'oxigène, s'est transformé en oxide souvent hydraté. On voit des carbo-

nates et plus souvent des phosphates de plomb convertis en sulfures, et conservant les formes de ces premiers composés; du sulfate de chaux se change en sulfate de strontiane. La forme est toujours conservée, comme nous venons de le voir; mais la structure intérieure est le plus souvent changée dans les espèces minérales. On est parvenu artificiellement à créer plusieurs de ces épigénies partielles au moyen de corps gazeux ou liquides, et même par le contact prolongé de corps solides légèrement humectés. On est loin cependant de connaître ce qui est relatif à ces singulières métamorphoses; mais M. Becquerel a mis sur la bonne voie ceux qui voudraient s'occuper de ces intéressantes recherches.

C'est par un phénomène analogue que semblent s'opérer les pétrifications, et non pas par une opération de moulage, comme nous en avons cité des exemples tout à l'heure.

C'est une chose bien digne de toute notre attention que de voir la netteté avec laquelle la nature conserve et rend indestructibles les parties les plus délicates de l'organisation. Rien de plus simple que de concevoir des impressions de feuilles, de plantes, de poissons, de plumes même, comme celle qui a été trouvée en Auvergne; mais comment expliquer l'admirable conservation des tissus ligneux et la diversité des matières qui les ont remplacés?

Ainsi, ils sont changés en *agate* dans les couches sablonneuses des environs de Soissons, d'Etampes, etc.; ils sont formés de *quartz résinite* dans les produits volcaniques de la Hongrie; ils sont changés en *tripoli* à Poligné, en Bretagne; d'autres en *grès quartzeux* pénétrés d'oxide de cuivre, comme ceux que Patrin observa entre le Volga et les monts Ourals; d'autres en *mine de fer*, comme les bouleaux fossiles de Sibérie;

d'autres en *minéral aurifère*, comme ceux de Vorospatak, en Transylvanie; d'autres en *terre d'ombre*, comme la vaste couche de bois fossile des environs de Cologne, et cependant leur conservation est si parfaite, que, dans ces derniers temps, on est parvenu à déterminer presque leurs genres sur l'anatomie des fragmens fossiles.

On a trouvé près de Grignon des échantillons de bois agatisé qui contiennent une foule de larves d'insectes qu'on dirait encore dans leur état naturel.

M. Lelièvre, membre du conseil des mines, avait pareillement dans sa collection un échantillon de bois agatisé, d'un couleur obscure, tout criblé de gros vers blancs dont on reconnaissait encore l'organisation.

Dans plusieurs échantillons de ces bois agatisés, les vers sont mobiles dans leur alvéole, ce qui détruit absolument toute idée de moulage au moyen d'un fluide quartzeux; car, dans cette hypothèse, le tout aurait fait une masse compacte.

De Saussure parle d'un morceau curieux qu'il vit à Bâle; c'est un crabe fossile, dont les œufs mêmes, qu'on voit sous sa queue, sont pétrifiés. En Auvergne, on a trouvé des œufs d'oiseaux parfaitement conservés.

Les fruits pétrifiés, dont on a divers exemples bien constatés, prouvent encore la promptitude de la pétrification. Les *noix fossiles* de Lons-le-Saulnier sont un des faits les plus curieux de ce genre. Elles furent trouvées dans un ancien puits des salines, à trente toises de profondeur. Leur coquille et leur zeste sont demeurés à l'état ligneux; mais la noix elle-même a été convertie en silex (1).

(1) *Mémoire de l'Académie des Sciences*, 1742.

M. Buckland possède plusieurs échantillons de roches jurassiques contenant des bélemnites, auprès desquelles se trouvent des sacs d'encre fossile, occupant tous la même position, relativement à la bélemnite qu'ils accompagnent, et ayant la plus grande analogie avec l'encre des sèches, et si bien conservée, que des peintres qui en ont fait usage l'ont trouvée aussi bonne que celle retirée de ces animaux. Enfin, M. Erhenberg a récemment découvert des millions d'infusoires fossiles dont certains tripolis sont entièrement composés.

Comment expliquer tous ces faits qu'on pourrait multiplier à l'infini; comment concevoir que les tubes de bois soient restés creux au lieu de s'emplir les premiers; que les vers n'ont pas été collés au bois par la matière pétrifiante; que le corps mou des infusoires a pu être remplacé par de la silice? Il faut que la matière qui s'est substituée ainsi à une autre, dans ces différentes circonstances, soit arrivée molécule à molécule, et ait exactement remplacé celle qui se détachait; mais aucun phénomène chimique ne peut rendre raison de ce phénomène. M. Goppert, de Breslau, a bien adressé à l'Académie des sciences des échantillons de fossiles, préparés en faisant tremper les matières organiques dans des solutions minérales concentrées et en calcinant ensuite; mais il est douteux qu'il y ait du rapport entre ce procédé artificiel et ceux de la nature; car, du moment où la calcination détruit quelque chose, le remplacement ou l'épigénie n'a pas été complet, et il reste à savoir si un laps de temps plus long présenterait une action plus complète.

Nous plaçons ce phénomène avec les actions chimiques, pour qu'il y occupe son rang; mais nous n'avons pas la prétention de l'expliquer.

CHAPITRE QUINZIÈME.

DES ACTIONS ORGANIQUES.

Les êtres organisés ont paru à la surface du globe à une époque extrêmement reculée; car leurs débris se trouvent dans les couches de sédiment les plus anciennes. Dès lors, ils ont contribué pour leur part à la formation de toutes ces couches, et de nos jours encore, nous les voyons entrer pour quelque chose dans les dépôts que forment journellement les cours d'eau. Nous étudierons par la suite l'ordre et la disposition de ces êtres à la surface du globe, ainsi que la distribution de leurs débris dans les différentes couches de la terre. Il nous suffit pour le moment de voir la part qui leur revient dans la formation des terrains.

Les végétaux et les animaux ne paraissent pas avoir eu chacun la même influence. Les premiers ont plus d'importance, et c'est par eux que nous allons commencer.

DES ACTIONS VÉGÉTALES.

Nous n'examinerons pas ici l'influence que les végétaux exercent pendant leur vie sur les grands phénomènes de la nature, quoique cette influence s'étende très-loin; mais nous allons essayer de déterminer la nature et la puissance des dépôts qu'ils forment après leur mort.