

travail de M. Fournet sur la décomposition des roches et la formation du kaolin.

Si l'on observe, dit ce savant professeur, les grandes masses de granite non fissurées, depuis la surface du sol jusqu'à ce qu'on arrive, à l'aide de tranchées, aux parties intactes, on remarque les diverses zones suivantes :

1° Zone supérieure, absolument semblable à une argile de couleur jaune ou rouge due à la formation de l'hydrate de peroxide de fer; quand on en détruit de grandes masses, elles donnent souvent lieu à des efflorescences salines qui prouvent que l'alcali contenu dans le feldspath et dans le mica a été mis en liberté.

2° Zone moyenne, de couleur verte très-prononcée, provenant d'un degré intermédiaire d'oxidation de fer.

3° Zone inférieure, offrant tous les caractères d'un granite intact en apparence, mais se désagréant complètement par le froissement ou le choc du marteau. Une partie des cristaux de feldspath a conservé sa forme, et l'autre est tout-à-fait désagrégée et opacifiée.

4° Enfin, en dessous, on trouve le granite solide et inaltéré.

Quoique entièrement décomposée, la roche extérieure montre encore la position respective du quartz et du mica qui se trouvent entrelacés, comme dans le granite non altéré.

Les basaltes, les phonolites et les trachytes offrent rarement le même mode de décomposition que les granites. Lorsque les roches volcaniques éprouvent la décomposition, on les voit se parsemer d'une multitude de petites taches grises plus ou moins rapprochées et rayonnantes, dont l'état terreux tranche vivement sur le fond compacte du reste de la roche et empêche de les confondre avec des roches porphyroïdes. Après cette ma-

culacion, et même pendant qu'elle a lieu, l'altération se manifeste encore par d'autres indices. La masse se divise par une multitude de fissures dirigées ordinairement suivant trois plans rectangulaires qui déterminent une division cuboïde, ou plutôt sphérique, par l'émoussement des angles; l'exfoliation par couches concentriques survient également après, en vertu d'une sorte de gonflement. Finalement, les couches détachées des basaltes tombent dans un état pulvérulent si complet, que l'on conçoit seulement alors l'action facile que les agens chimiques naturels peuvent exercer sur des roches qui étaient d'abord si compactes et si cohérentes.

Le fer, dans toutes ces décompositions, atteint toujours un plus haut degré d'oxidation. La couleur grise de la masse terreuse, résultant d'une division extrême de la roche, qui possédait primitivement une couleur foncée, passe à une teinte jaune ou rouge si intense, que dans les pays où ce genre d'altération est commun, en Auvergne, par exemple, on distingue de loin les terres végétales laviques, dites fromentales, à cause de leur fertilité, de celles provenant de l'altération des schistes et des gneiss, qui sont bien moins ferrugineuses et moins productives.

Il arrive aussi au granite, lorsqu'il présente une structure qui le divise d'abord en parallépipèdes plus ou moins volumineux, de se décomposer sur les angles et de s'altérer ensuite à la manière des basaltes. On remarque souvent des altérations de ce genre sur des granites employés dans des constructions.

Il semble bien difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, d'expliquer cette tendance à la décomposition que nous présentent presque toutes les roches cristallisées. L'action de l'air et celle de l'eau sont des circonstances qui la favorisent évidemment. Il est bien

probable que la température et la pression ont aussi une influence marquée sur ce changement d'état, mais tout cela n'explique pas la cause particulière de cette dégradation continuelle.

Toutes les roches qui se décomposent si facilement renferment du feldspath, et il paraît que c'est la décomposition de ce minéral qui occasionne l'exfoliation des parties qui le contiennent; la chose paraît du moins prouvée pour les granits qui se transforment en kaolin. Le feldspath renfermant de la potasse, on en a conclu que l'eau entraînait peu à peu cette matière, et que c'était la cause première de l'altération. Il est bien vrai que la potasse, la soude et les autres bases qui sont combinées à la silice dans le feldspath, peuvent se dissoudre dans l'eau, mais il est douteux que cette tendance à se dissoudre dans ce liquide puisse déterminer le commencement de la décomposition; car on l'observe non-seulement dans les roches, mais dans les produits que nous fabriquons. Ainsi, le verre antique que nous trouvons enfoui depuis long-temps, a presque toujours éprouvé un commencement d'altération à l'extérieur, et la lumière, partie décomposée et partie réfléchie, lui donne les couleurs de l'Iris.

Il faut qu'indépendamment de l'action exercée par les agens extérieurs, il y ait dans certaines roches cristallisées une tendance particulière à la décomposition, tendance que l'on ne peut expliquer qu'en admettant une sorte de tension particulière dans leurs parties constituantes, lorsqu'elles se sont solidifiées. M. Fournet attribue cet état à des variations survenues pendant le refroidissement, et le compare indirectement au phénomène de la trempe qui modifie si fortement l'état des métaux, ou de la recuite qui imprime aux verres et aux poteries des caractères tout-à-fait différens.

Il semblerait plus naturel d'admettre, comme Werner le supposait, que pendant la solidification des roches, il s'est établi un certain nombre de centres d'attraction autour desquels les parties constituantes se sont disposées. Cette opinion rend parfaitement compte de la formation des boules de granite qui ne s'altèrent plus lorsque la décomposition a acquis une certaine profondeur, et explique aussi la présence de cette énorme boule de basalte décrite par M. Reynauld, tandis qu'il est bien difficile de concevoir autrement sa formation. Telle paraît être l'origine d'un grand nombre de blocs arrondis qui primitivement étaient empâtés dans une roche semblable, qui s'est peu à peu décomposée et dont les eaux ont emporté les débris. Il faudrait se garder de considérer l'opinion de Werner comme pouvant s'appliquer à tous les cas de décomposition; car, dans un grand nombre de circonstances, le délitement des roches a lieu parallèlement aux surfaces, quelle que soit la forme artificielle que le ciseau ait imprimée aux blocs. C'est ainsi qu'en Egypte, selon M. Rozière, des colonnes en granite de Sienne se délitaient en couches concentriques à leur axe. Il y a d'ailleurs des roches granitiques qui se délitent en entier une fois qu'elles sont sorties des carrières.

M. Fournet regarde aussi l'action de l'eau chargée d'acide carbonique comme ayant une grande puissance d'action et comme agissant encore à des profondeurs variables, dans la décomposition des roches feldspatiques et autres.

On remarque une grande différence dans le temps que mettent certaines roches à se décomposer; mais, en général, cette action est très-lente. Ainsi, M. Becquerel fait observer que la cathédrale de Limoges a été construite, il y a environ quatre siècles, avec un granite qui a dû être extrait des environs. Dans l'intérieur de

cet édifice, l'altération de la roche est à peine sensible, surtout dans les parties qui n'ont pas été exposées à l'humidité; mais au dehors, et principalement sur la face exposée aux vents qui amènent la pluie, la désagrégation est très-apparente, et offre une profondeur moyenne de 3 lignes et demie environ. Cette décomposition est, comme on le voit, extrêmement lente, mais enfin elle est sensible. M. Becquerel a remarqué, dans une carrière peu éloignée de la ville, que la croûte de granite décomposé avait environ 5 pieds, ou 720 lignes; en comparant ce nombre, et en supposant la marche de la décomposition égale à toutes les époques, cette carrière accuserait le long espace de 82,000 ans depuis la création du granite dans lequel elle est creusée (1). Le célèbre physicien, auquel nous empruntons ces lignes, observe très-bien lui-même que cette date doit être fautive, puisqu'on ne connaît pas la marche de la décomposition du granite en masse; mais ce calcul n'en offre pas moins un résultat fort curieux.

Nous ne savons pas quelle a dû être autrefois la puissance de ces actions chimiques et peut-être électriques qui altèrent aujourd'hui presque toutes les roches cristallisées. Cependant, si nous examinons la masse énorme des terrains de sédiment, l'abondance des couches de grès que l'on y rencontre, et si nous comparons les forces qui ont créé ces terrains à celles qui produisent aujourd'hui nos petits dépôts d'alluvion, nous resterons convaincus que la décomposition des roches cristallisées était bien plus grande autrefois que de nos jours, puisque d'immenses bassins sont remplis de leurs débris.

(1) BECQUEREL, *Traité de l'électricité et du magnétisme*, t. I, p. 526.

Cette idée prendra plus de fondement, si nous supposons une chaleur plus grande, une plus grande masse de vapeurs dans l'atmosphère, et peut-être une pression atmosphérique plus considérable. Ces considérations nous conduiraient à admettre que plusieurs de nos chaînes de montagnes ne sont que les parties dures de masses plus élevées, des portions solides d'abord enchâssées dans des roches plus tendres, et maintenant dégagées comme nos blocs de granite, et comme ces roches quartzzeuzes que M. Leplay a reconnu en Espagne former le sommet des collines de l'Estramadure.

DES ACTIONS CHIMIQUES CRÉATRICES.

Il s'opère journellement dans le sein de la terre de nombreuses réactions chimiques ou électriques, que nous sommes loin de connaître, et il se forme ainsi des produits nouveaux extrêmement curieux à étudier. Presque toujours ce ne sont que de véritables transmutations qui ont lieu à de petites distances; mais, dans certains cas, la matière dissoute en un point, est transportée très-loin avant d'entrer dans de nouvelles combinaisons. Les circonstances qui concourent à ces créations d'origine récente, sont probablement les mêmes que celles qui ont présidé à des formations plus étendues; mais nous connaissons très-peu ce genre de phénomène. M. Becquerel a cependant jeté un grand jour sur ces réactions; ce savant a ouvert aux géologues une voie toute nouvelle, et bien intéressante à parcourir. Nous allons examiner successivement les créations ou réactions actuelles.

Simplex dépôts.

Les plus simples des créations chimiques consistent en quelques dépôts que forment les eaux qui ont dissous certaines matières. Ainsi l'on voit souvent des roches qui sont colorées au moins sur leurs fissures par des matières que les eaux avaient dissoutes et qu'elles ont ensuite entraînées dans ces masses. Les dissolutions de fer et de manganèse, sous divers degrés d'oxidation, sont celles qui ont presque toujours coloré les roches. Elles semblent s'être infiltrées partout, et elles ont souvent produit des cristallisations ou colorations particulières désignées sous le nom de dendrites, et qui étaient très-recherchées pour les cabinets des curieux. Certaines actions capillaires ont agi aussi dans le dépôt des dendrites. On voit quelquefois des roches dont la couleur ou les dendrites ne sont qu'extérieures. M. de Humboldt, a qui rien n'a échappé dans ses intéressans voyages, en rapporte plusieurs exemples :

« Dans les cataractes, et partout où l'Orénoque, entre les missions de Carichana et de Santa-Barbara, baigne périodiquement les rochers granitiques, ceux-ci sont lisses, noirs, et comme enduits de plombagine. La matière colorante ne pénètre pas dans la pierre, qui est un granite à gros grains renfermant quelques cristaux isolés d'amphibole. L'enduit noir a $\frac{3}{10}$ de ligne d'épaisseur; il se trouve de préférence sur les parties quartzeuses. Les cristaux de feldspath ont conservé quelquefois au dehors leur couleur blanc-rougeâtre, et s'élèvent au-dessus de la croûte noire. En cassant la roche avec le marteau, on trouve l'intérieur intact, blanc, sans trace de décomposition.

» Nous les avons vues, non-seulement dans le lit de l'Orénoque, mais sur quelques points, jusqu'à 500 toises

de distance du rivage actuel, à des hauteurs où les eaux ne parviennent plus aujourd'hui dans leurs grandes crues.

» Qu'est-ce que cette croûte noir-bleuâtre qui donne à ces rochers, lorsqu'ils ont la forme globuleuse, l'aspect de pierres météoriques? comment doit-on concevoir cette action de l'eau qui produit un dépôt ou un changement de couleur si extraordinaire? Remarquons d'abord que le phénomène n'appartient pas aux cataractes seules de l'Orénoque, mais qu'on le retrouve dans les deux hémisphères. Lorsqu'à son retour du Mexique, en 1807, M. de Humboldt montra les granites d'Aturès et Maypurès à M. Rozière, qui a parcouru la vallée d'Egypte, les côtes de la mer Rouge et le mont Sinaï, ce savant géologue lui fit voir que les roches primitives des petites cataractes de Syène offrent, comme les roches de l'Orénoque, une surface lustrée gris-noirâtre, presque plombée; dans quelques fragmens, on les dirait enduites de goudron. Récemment encore, dans la malheureuse expédition du capitaine Tuckey, des naturalistes anglais ont été frappés du même aspect dans les *Yellalas* (rapides et écueils) qui obstruent la rivière Congo ou Zaïre.

» Dans les deux roches, celle de l'Orénoque et d'Afrique, la croûte noire est composée, selon l'analyse de M. Children, d'oxide de fer et de manganèse. Il faut remarquer que tous ces phénomènes de coloration ne se sont offerts jusqu'à présent que sous la zone torride, dans des rivières qui ont des crues périodiques, dont la température moyenne est de 24 à 28 degrés centésimaux, et qui coulent, non sur des grès ou des roches calcaires, mais sur des granites (1). »

(1) HUMBOLDT, *Voyage aux régions équinoxial.*, t. VII, p. 24.

M. Berzelius, qui, à la prière de M. de Humboldt, a aussi analysé ces croûtes, y a reconnu, comme M. Children, la présence du fer et du manganèse.

Ce chimiste célèbre pense que les fleuves n'arrachent pas les oxides du sol sur lequel ils coulent, mais qu'ils les tirent de leurs sources souterraines et les déposent sur les roches, comme par cémentation, par un jeu d'affinités particulières, peut-être par l'action de la potasse du feldspath (1).

On voit encore sur les roches calcaires des colorations très-singulières qui proviennent de l'action de l'eau sur la partie extérieure des couches, et quelquefois aussi du transport de différentes matières dans leur tissu. Plusieurs roches sont aussi colorées en noir par le bitume ou les débris organiques. Enfin, les contrées volcaniques offrent souvent des roches à surfaces colorées, mais sur lesquelles la matière colorante a été déposée ou formée par sublimation.

L'eau pure peut aussi créer du gypse, en s'infiltrant dans des masses d'anydrite; et lorsqu'elle s'est chargée d'alun, de carbonate de soude et de plusieurs sels solubles, elle les dépose quelquefois, sous forme de croûtes légères, sur les roches abritées de la pluie.

On voit que ces petites créations ne sont rien si on les compare à la masse du globe; mais nous ignorons si ces mêmes facultés dissolvantes de l'eau n'ont pas été bien plus fortes lors du dépôt des terrains de sédiment. Il est probable du moins que ce liquide était chargé de différens principes qui, en lui donnant le pouvoir de se saturer d'un plus grand nombre de substances,

(1) HUMBOLDT, *Voyage aux régions équinoxiales*; t. VII, p. 28.

lui permettaient par conséquent de déposer des produits plus variés et plus abondans.

Des stalactites ou des concrétions.

Les roches calcaires offrent aussi des traces d'altération comme celles qui sont cristallisées. On voit souvent, sur les bords de la mer, ces roches corrodées par les sels qu'entraînent la vapeur d'eau et par ce brouillard d'eau salée que produisent les vagues en venant heurter contre les falaises.

On remarque aussi des couches calcaires creusées de sillons assez profonds, percées de trous irréguliers, et comme dissoutes sur plusieurs points de leur surface. Il semble que des eaux acidules aient ruiselé sur leurs pentes, et les aient dissoutes en partie. Ce genre d'altération est d'autant plus facile à concevoir, que l'eau pure dissout déjà le carbonate de chaux; la pluie surtout l'attaque d'une manière sensible, et à plus forte raison, de l'eau chargée d'acide carbonique. La matière calcaire ainsi dissoute ne tarde pas à se déposer, et donne naissance à des concrétions plus ou moins cristallisées que l'on rencontre principalement dans les grottes où suintent ces eaux calcarifères.

Les eaux peuvent encore se charger d'autres matières, et les déposer sous les mêmes formes, c'est-à-dire avec une structure concrétionnée, comme l'albâtre. Ainsi, on rencontre des stalactites d'oxide de fer, connues sous le nom d'hématites, d'oxide de manganèse, d'oxide de zinc, de quartz, de malachite ou carbonate de cuivre; mais ce sont des raretés, si on les compare à celles qui sont calcaires, et que l'on trouve dans une foule de grottes.

Parmi les plus remarquables, on distingue les grottes d'Orselles, ou Auxelle, en Franche-Comté; d'Arcy-sur-Cure, près de Vermanton, en Bourgogne; de Caumont, près de Rouen; celle de la Balme, sur l'Arve, décrite par Saussure; celle de la Balme, sur le Rhône, au-dessus de Lyon; celle de Lombrives, dans le pays de Foix; celle de Bauman, dans le duché de Brunswick; la caverne de l'île de Minorque; le Pool's-Hols, dans le Derbyshire; la magnifique grotte d'Adelsberg en Carniole (1), et les célèbres cavernes d'Antiparos.

Ce sont toujours les mêmes phénomènes qui se reproduisent pendant la création des stalactites. L'eau calcaire pénètre dans une cavité par les fissures de la roche; parvenue à l'extrémité du canal qui l'a conduite, elle forme une goutte qui reste suspendue jusqu'à ce que son volume ayant augmenté, elle tombe par son propre poids. Pendant que la goutte est suspendue, les molécules de matières pierreuses dont elle est chargée, et qui sont le plus rapprochées du petit canal dont elle sort, s'y attachent sous la forme d'un petit cercle de matière solide; mais les parties qui en sont plus éloignées sont emportées dans la chute de la goutte, et tombent avec elle sur le sol de la grotte, s'y fixent et y forment une petite éminence, lorsque l'eau qui sert de véhicule a disparu par évaporation ou par absorption dans la roche qui compose le fond de la grotte. Ce léger exhaussement du sol, ainsi que le petit cercle resté sur les bords de l'orifice du plafond, serait à peine sensible, si ce n'était que le produit d'une seule goutte d'eau; mais comme les gouttes se succèdent assez rapi-

(1) Voyez la description détaillée de cette caverne dans la *Revue britannique*, juin 1830, p. 204.

dement, la masse des dépôts solides augmente peu à peu des deux côtés, et finit par former sur le sol un cône qui y tient par sa base, et au plafond un tuyau qui est une continuation du canal par lequel l'eau débouche quand elle arrive au plafond. Ce tuyau grossit à l'extérieur, parce qu'il reçoit l'eau d'autres canaux du plafond qui arrose le dehors du tuyau, et y dépose des couches de matières solides. Le cône s'élève par le haut, le tube s'allonge par le bas, et à la fin, les deux extrémités, dont l'une s'élève tandis que l'autre s'abaisse, se joignent, se confondent, et forment une sorte de colonne dont les deux bouts sont éloignés, et touchent à la fois les parois inférieure et supérieure de la caverne.

Autrefois on attachait une grande importance aux formes de ces concrétions, et on donnait spécialement le nom de *stalactites* aux pointes qui descendaient dans la grotte, et l'on appelait *stalagmites* les dépôts concretionnés qui s'élevaient à la surface du sol.

On peut juger par la marche de l'eau qui opère l'accroissement et la réunion du cône et du tuyau dont nous venons de parler, qu'ils sont tous deux composés de couches additionnelles, et que le cône surtout a la plus grande solidité; mais toutes les stalactites qui sont suspendues à la voûte des grottes n'ont pas un tuyau dans leur intérieur. Pour que ce tube puisse se former, il faut d'abord que l'orifice du canal qui est dans le rocher, et d'où sort la goutte d'eau, soit à peu près horizontal, afin que la goutte reste suspendue par tous les points de ses bords, et qu'elle y forme un cercle entier de matière stalactitique. Si, au contraire, l'orifice du canal est incliné, de telle sorte que la goutte ne tienne qu'à la partie inférieure des bords de l'orifice, les molécules de matière solide dont elle est chargée, ne