

HISTOIRE

DE LA DOLOMIE,

PAR

M. J. FOURNET,

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE LYON.

La dolomie est du nombre des substances minérales qui ont provoqué des considérations de l'ordre le plus élevé ; elle a aussi suscité les plus vifs débats. Son établissement, soit comme espèce distincte, soit comme roche, ainsi que les théories qu'elle a fait naître par ses relations, se lient d'une manière intime aux progrès de la chimie, de la minéralogie et de la géologie. Il en est résulté que, malgré son introduction assez récente dans le cadre scientifique, elle occupe une des plus larges parts dans l'histoire des matériaux constitutants de l'écorce du globe.

C'était donc entreprendre une tâche pénible que celle de faire le résumé de tant de travaux, pour arriver à exposer le résultat de mes propres investigations ; et il eût été bien plus simple d'éluder la tentative, en m'étayant du prétexte assez généralement admis de son inutilité. A quoi peut-il servir de dire à cette foule de vieilles idées : *Levez-vous et suivez-moi !* Laissons-les enfouies dans la tombe de l'oubli ; prenons la science telle qu'elle est de nos jours, et il nous restera encore assez d'éléments de discussion.

Mais trop de motifs militent contre un pareil argument, pour qu'il puisse prévaloir. Rien ne me paraît plus intéres-

sant que d'assister, pour ainsi dire, à la naissance d'une théorie et d'en suivre le développement pas à pas. Rien aussi ne me semble plus digne de fixer l'attention, que la manière détournée par laquelle on arrive, au travers d'une suite de *fausses positions*, à la solution des grandes équations à plusieurs inconnues, auxquelles on peut réduire la plupart des problèmes géologiques. Croit-on inutile, après tout, pour son instruction personnelle, comme pour celle des autres, d'examiner comment les grands hommes ont été amenés à poser les données sur lesquelles s'exercent les travailleurs du second ordre? N'est-il pas à propos de faire ressortir cette impuissance qui empêche un esprit isolé d'arriver à un résultat définitif; de démontrer que celui-ci est amené par le temps, par les efforts combinés des hommes de toutes les nations, et d'établir que la solidarité ainsi que la confraternité scientifique sont les véritables sources de toutes les grandes acquisitions? Peut-on enfin se refuser à étudier jusqu'à quel point les pensées du jour sont influencées par celles de la veille; comment une théorie en provoque une autre; comment les erreurs s'enchaînent, se transmettent de générations en générations, et comment aussi elles finissent par succomber sous leurs propres excès? Évidemment non! ce serait vouloir rejeter tous les moyens d'acquérir cet esprit philosophique qu'il est si essentiel d'introduire dans la science, cet esprit sans lequel on enchaîne aveuglément ses idées à celles d'autrui, de manière à perdre le libre arbitre, au lieu de s'efforcer à le conserver. Ces raisons paraîtront donc assez graves pour faire comprendre comment, loin de me laisser rebuter par les difficultés inhérentes au sujet, j'ai été conduit à établir, autant que possible, la succession des découvertes, ainsi que la liaison des théories, laissant à d'autres, plus heureusement placés, le soin de perfectionner ma première esquisse.

Un ordre quelconque était d'ailleurs nécessaire dans un travail d'aussi longue haleine. Pour l'établir, j'ai considéré que la minéralogie complète d'une substance embrasse la description de ses divers caractères et la connaissance de ses gisements. Mais quand les gisements sont nombreux, quand ils occupent des espaces considérables, la substance prend son rang dans le cadre géologique. C'est ce qui a lieu pour la dolomie. Elle peut être envisagée, soit comme espèce minérale, soit comme roche. Sous l'un et l'autre point de vue, elle a exercé une grande influence sur la marche de la science; il importait donc de prévenir toute confusion, et deux grandes divisions ont été la conséquence de cette nécessité.

Dans la première division, on résumera les travaux qui ont amené sa découverte et son établissement comme espèce distincte, en s'attachant d'abord aux variétés cristallines, puis aux variétés granulaires, compactes, terreuses, etc. On entrera au fur et à mesure du besoin dans le détail de quelques caractères physiques et chimiques spéciaux; puis agrandissant le cadre minéralogique, on fera ressortir les associations les plus habituelles de la dolomie; l'on s'assujétira surtout alors à démontrer qu'il y a similitude entre les masses, quelles que soient les relations géologiques qu'elles affectent; chacun concevra, en effet, que si les détails essentiels de la structure et de la texture se montraient pareils de part et d'autre, il n'y aurait plus lieu à invoquer des modes distincts de formation pour expliquer ces particularités; elles tiendraient évidemment à des causes plus générales, telles que les propriétés mêmes de la matière.

La seconde division, plus essentiellement géologique, comprendra le résumé des nombreuses hypothèses sur la formation des dolomies; l'on arrivera ainsi par degrés à celles qui dominent de nos jours. Leurs bases seront soumises à la discussion, et la conséquence naturelle de cette élaboration sera le rejet de celles qui seront désormais inutiles.

Mais la dolomie, comme la plupart des roches, est prédisposée au travail lent des agents atmosphériques ; elle est désagrégée et décomposée sous leur influence. Que devient-elle alors ? quels sont les réactifs qui jouent le principal rôle dans ces destructions ? Ces diverses questions sont d'autant plus capitales, qu'elles ont une réciproque de nature à jeter quelque jour sur les causes qui ont pu présider à la formation des masses dolomitiques. Une troisième division sera donc consacrée à la discussion de ces phénomènes et de leurs résultats.

De cette manière on aura satisfait aux principales règles posées par Descartes, au sujet des études philosophiques :

Ne se fier qu'à l'évidence, c'est-à-dire sortir de la tradition, de l'autorité, du formalisme des écoles ;

Diviser les objets autant que faire se peut, c'est-à-dire analyser ;

Faire des dénombrements aussi étendus, aussi variés, aussi nombreux que possible, c'est-à-dire épuiser l'observation avant de tirer aucune conclusion ; ce qui est plus facile à conseiller qu'à mettre en pratique.

Mes matériaux ont surtout été puisés dans les écrits des meilleurs minéralogistes et géologues ; leurs noms seront indiqués en temps convenable. Plusieurs d'entre eux ont bien voulu m'honorer de leurs avis, et parmi ceux-ci je dois surtout mentionner MM. de Buch et Élie de Beaumont. Comme tous les hommes supérieurs, ils apprécient les théories à leur véritable valeur, laissant les abus aux néophytes et aux imitateurs ; ils savent qu'elles sont nécessaires pour grouper les faits et pour faciliter les progrès ultérieurs ; ils les soutiennent donc tant qu'elles paraissent mériter leur appui, mais ils savent aussi qu'elles se modifient avec le temps ; et puissent les nouveaux aperçus que mon travail va soulever, obtenir leur assentiment !

CHAPITRE I^{er}.

Minéralogie de la Dolomie.

Quid sibi volunt isti lapides ?
(Josué, livre IV.)

TRAVAUX CHIMIQUES SUR LES SPATHS CRISTALLINS.

Découverte de la Magnésie.

I. La dolomie n'est pas une substance indépendante ; non-seulement elle est associée géologiquement à une foule d'autres carbonates calcaires, ferrugineux et manganésiens, mais on verra encore qu'elle se lie à eux d'une manière chimique, par une série de mélanges plus ou moins complexes. Ces carbonates ne peuvent donc pas être exclus immédiatement de la question ; il faut au contraire rechercher de quelle manière on a été amené à établir une distinction, et cette reconnaissance sera même un des objets essentiels de la première partie de ce Mémoire.

On conçoit, d'un autre côté, qu'il est inutile de s'appesantir sur les travaux provoqués par la chaux, le fer et le manganèse, car il s'agit ici essentiellement de la dolomie : il ne sera donc fait mention de ces autres corps qu'autant que l'on y sera amené par les nécessités du sujet. Ceci étant posé pour bien faire comprendre notre marche, nous allons entrer en matière.

Des deux bases qui sont les éléments fondamentaux de la dolomie, la magnésie est évidemment celle qui joue le principal rôle. Non-seulement la nature semble avoir pris à tâche de multiplier ses relations en la répandant avec profusion, en la dotant d'affinités énergiques et d'un isomorphisme qui lui permet de se substituer à une foule de corps ; mais encore les principales conjectures roulent sur la cause de sa pré-

sence dans cette espèce minérale ; une sorte de prédestination semble l'avoir vouée aux hypothèses ; l'imagination en a pris possession ; c'est donc cette terre qu'il importe de saisir au moment de son apparition.

Son origine se perd dans la nuit des temps alchimiques. En effet, le mot *magnésie* se rencontre assez fréquemment dans les écrits des adeptes. Cependant à quel corps s'appliquait-il ? Que pouvait être cet *antimoine femelle de Macédoine*, qui s'appelait aussi *magnésie* ? Une dénomination si manifestement dérivée du mot *magnes* (aimant), doit naturellement avoir été imposée d'après quelques vertus réelles ou imaginaires ; mais quelles étaient ces vertus ?

On distingua d'ailleurs, par la suite, parmi ces *magnes*, celui dont la couleur était noire ou analogue à celle du fer ; celui qui était rougeâtre ou brun ; celui qui était bleuâtre (*cœrulescens*) ; enfin l'aimant blanchâtre (*albescens*). Les droguistes ont long-temps vendu une préparation d'antimoine sous le nom de *magnésie opaline* ; ils avaient aussi une *magnésie anglaise*, qu'on obtenait par la précipitation du sel de Sedlitz, à l'aide de la potasse. La *magnésie de plomb* ou de *saturne* était l'antimoine sulfuré, auquel on trouvait quelques rapports avec le *lapis manganensis*, la *magnésie noire* ou le *savon des verriers*, ou bien le *peroxide de manganèse* des minéralogistes actuels. Aussi l'on jouait continuellement sur les expressions de *magnésie* et de *manganèse*, et de là une confusion qui a naturellement jeté une déplorable obscurité sur certaines parties de l'ancienne minéralogie.

Voilà donc le cahos, et voici de quelle manière en sortit la base en question.

Au commencement du XVIII^me siècle, un chanoine vendait à Rome la magnésie blanche, sous le nom de *Poudre du Comte de Palme* ; cette vente fut assez lucrative ; il n'en fallut pas davantage pour stimuler l'esprit de contrefaçon,

et aussi celui d'investigation. Valentini, qui parvint entre autres à obtenir le même produit par la décomposition des eaux-mères du nitre, publia son procédé en 1707, et successivement Slévogt et Lancisi s'en occupèrent en 1709 et en 1717. Enfin les premières lueurs un peu caractérisées résultèrent des travaux de Frédéric Hoffmann, qui, en 1722, arriva à soupçonner qu'elle différait de la terre, des yeux d'écrevisse et des coquilles d'œufs, c'est-à-dire de la chaux.

Mais, dira-t-on, pourquoi ne pas simplifier immédiatement, en étudiant la magnésie comparativement à cette autre base alcalino-terreuse, avec laquelle elle a d'ailleurs tant de ressemblance? La réponse à faire à cette question est facile. C'est que, d'abord, l'esprit humain ne procède guère du simple au composé. Presque toujours il saisit les questions par leur côté complexe, puis il simplifie avec le temps. C'est, en second lieu, parce que la chimie était en partie du domaine de la pharmacie, et que la magnésie jouant en médecine le rôle d'*absorbant*, il était tout naturel de la mettre en parallèle avec les mâchoires de brochet, les os d'oreille de baleine, les pierres de perche et de tanche, les écailles d'huître ou de moule, les coquilles de limaçon, la corne de cerf brûlée, le corail, la nacre de perle, le lait de lune, l'ivoire, les vertèbres de serpent et les autres ingrédients dont on croyait saturer les aigres de l'estomac et les humeurs peccantes, jusque dans les cas de fièvre et même dans presque toutes les maladies.

A côté de la chimie pharmaceutique, grandissait peu à peu, sous l'influence des Agricola, Henckel, etc., une autre chimie qui, d'abord essentiellement métallurgique, devint peu à peu minérale, dans l'acceptien la plus large du mot. Il fallut donc attendre que son ère s'ouvrît, et que de plus Black arrivât pour établir solidement les différences spécifiques des deux terres. Le résultat de ses recherches fut con-

signé dans un excellent Mémoire inséré dans le second volume des *Essais de physique et de littérature d'Edimbourg*, publié en 1755, et dès ce moment notre substance prit tantôt le nom de *magnésie*, tantôt celui de *terre amère*, et quelquefois celui de *terre muriatique*. Cependant l'ancienne confusion avec le *manganèse* persista encore chez divers minéralogistes, jusqu'à l'époque où l'imposante autorité de Bergmann vint définitivement mettre un terme à cet abus.

Il importe aussi de faire remarquer que parmi les chimistes de cette époque, il y avait une certaine propension à regarder la magnésie comme une chaux altérée, ou plutôt comme une transmutation de la chaux. En effet, nous verrons plus tard que cette idée a joué un certain rôle parmi les théories proposées à l'égard des dolomies; elle devait venir bien naturellement à l'esprit, dans des temps si voisins de ceux des alchimistes. Ceux-ci n'admettaient-ils pas un très-petit nombre d'éléments, dont la divine providence se servait à son gré pour façonner tous les corps? et les opérations du *grand œuvre* n'étaient-elles pas basées sur la possibilité d'atteindre la puissance du Créateur, en effectuant les mêmes transmutations?

Cependant la science, délivrée des langes de l'enfance, commençait à se lancer au pas de course. Margraff, qui le premier introduisit dans la chimie l'usage du microscope, rendit encore en 1759 un second service important, en indiquant différents caractères à l'aide desquels on pouvait distinguer la magnésie des autres terres alors connues. Enfin, vers 1779, Macquer, Bayen, Bucquet, Butini et Bergmann publièrent sur le même corps une série de dissertations qui ne laissèrent presque plus rien à désirer; aussi abandonnons-nous dès ce moment ces indications, qui n'ont rapport qu'à la chimie, pour entrer dans le domaine de la minéralogie proprement dite.

Découverte de la magnésie dans les minéraux silicatés.

II. Ce fut encore Margraff qui, faisant l'application de ses découvertes, constata le premier la présence de la magnésie dans la serpentine, dans la pierre néphrétique, dans l'amiante, dans le talc et dans le sel marin à base terreuse, et comme on le voit, il contribua pour beaucoup à poser les premières bases d'un groupe, dont les minéralogistes ne tardèrent pas à faire leur profit.

En effet, il s'opérait en ce moment une de ces révolutions scientifiques qui, remaniant chaque chose, présentent tout sous un aspect nouveau. Si depuis long-temps les besoins de la métallurgie avaient fait classer en quelque sorte chimiquement les minéraux à bases métalliques, il n'en était pas de même des minéraux à bases terreuses. Ceux-ci, confondus en grande partie les uns avec les autres, sous la rubrique générale de *pierres*, ne pouvaient guère être distingués qu'à l'aide de certains caractères purement physiques ou extérieurs; car l'état de la chimie n'avait pas encore permis de songer à faire usage de ses ressources pour des déterminations plus rigoureuses. On s'était donc insensiblement habitué à considérer la connaissance de ces caractères, comme étant l'essence même de la minéralogie; idée qui du reste conserve encore actuellement des partisans.

La prépondérance de cette manière de voir fléchit néanmoins du moment où des esprits supérieurs se mirent à penser qu'on s'occupait trop de l'enveloppe et pas assez de l'intérieur; que la diversité des physionomies correspondait à des natures différentes, et qu'il fallait généraliser la science en étendant aux pierres ce qui se faisait pour les minerais des fondeurs et des mineurs. Henckel, Bromell et Hiërne firent à cet égard les premières tentatives. Pott apporta bientôt un riche contingent de matériaux; aussi, dès l'année 1748,

Woltersdorff se crut à même d'établir un système minéralogico-chimique. Cet essai ne fut pas approuvé par Pott, parce qu'il sentait fort bien que la rareté des faits s'opposait encore à l'établissement de quelque chose de rationnel en ce genre. D'ailleurs, Woltersdorff s'était impudemment attribué le mérite des découvertes du maître, et ce plagiat n'était guère de nature à inspirer une grande confiance en faveur de ses idées. Pour être cru, une réputation intacte est aussi nécessaire dans la science que dans toutes les autres conditions de la société.

Ce fut donc à Cronstedt qu'échut la gloire d'avoir assis définitivement la chimie dans le domaine de la minéralogie, et d'en avoir fait adopter le contingent d'aperçus nouveaux. Cet homme, à jamais célèbre, avait cependant pris le sage parti de ne publier sa classification en 1758, que sous le voile de l'anonyme, dans le but de conserver une plus grande liberté dans ses allures, et de pouvoir opérer sans crainte de blâme toutes les améliorations dont le besoin se ferait sentir. Aussi ne tarda-t-il pas à établir un *groupe magnésien*.

Ce groupe fut non-seulement conservé par ses adhérents de Born, Monnet, Sage, Bergmann, Fourcroy et Karsten; mais ils en augmentèrent encore l'importance par l'adjonction de différentes espèces, si bien qu'en 1795, c'est-à-dire peu avant l'introduction de la méthode minéralogique de Haüy, il comprenait, à tort ou à raison, les substances suivantes, dont nous trouvons la liste dans les ouvrages de Lametherie.

Talc.	Trémolite.	Jade.
Stéatite.	Asbeste.	Ollaire.
Talcite.	Asbestoïde.	Cornéenne.
Chlorite.	Amiante.	Koréite.
Zillertite.	Amianthoïde.	Trapp.
Mica.	Lherzolite.	Ménilite de Saussure.
Hornblende.	Serpentine.	

Premières tentatives sur les spaths en général.

III. On vient de voir que la connaissance des silicates magnésiens avait progressé avec rapidité ; il n'en fut pas de même de celle des carbonates, dont nous avons spécialement à nous occuper. Ceux-ci se trouvèrent en retard, parce qu'il fallut attendre que Black, auquel on était déjà redevable de la connaissance précise de la magnésie, eût ajouté à ses services celui de déterminer le rôle de l'A. carbonique. D'un autre côté, on se trouva arrêté par la difficulté de débrouiller la classe des minerais dits *spathiques*, à laquelle ces carbonates appartenaient essentiellement, à cause de leur état cristallin et de la facilité de leur clivage. L'entreprise n'était rien moins que facile, et l'on va en juger par l'horrible confusion suivante :

On admettait des spaths étincelants, quarziques, adamantins, pesants, fluors ou fusibles, effervescents, chatoyants, brunissants, doublants, efflorescents ou en fleurs, spéculaires, vitreux ou glasspath, opaques, compactes, etc. On possédait les androadamas, argyrodamas, lithophosphorus, paropsis, lapis suillus, aphrosélinum, talcum, rhombites, styria, inolithus. On distinguait des spaths fissiles, lamelleux, arénacés, schisteux ou schieferspath, tessulaires, cubiques, triangulaires, rhomboïdaux, tétragonaux, pyramidaux, les spathum muriaformis, saulenspath, stangenspath. On avait encore des *spaths séléniteux*, que l'on ne confondait pas avec le gypse ou la sélénite proprement dite ; car ils portaient aussi les noms spéciaux de *gypsum ponderosum* et de *marmor metallicum*. On adjoignait à tout cela les *stalactites* ou *stalagmites* avec diverses dénominations bizarres, telles que *placagnodiaugia*, *placagnosciéria*, *stalagmosciéria*, *stalagmodiaugia*, *stalactocibdela*, *cibdelostracia*, *cibdeloplacia* ; enfin quelques caractères de clivage, ou d'effervescence, ou

autres, avaient déterminé à y réunir diverses configurations plus ou moins bizarres, sous les noms d'*oolithes*, *orobias*, *cenchriles*, *méconites*, *ammites*, *spathum stellatum*, *spathum erinacæforme*, etc.

Tous ces corps, comme on le conçoit de reste, étaient vaguement définis, et il s'agissait de les déterminer d'après des caractères plus intimes. Aussi les minéralogistes, comprenant qu'il y avait là un riche butin scientifique à faire, se jetèrent à l'envi l'un de l'autre sur cette proie, dès qu'ils se crurent suffisamment assurés de l'appui de la chimie.

En 1756, Cronstedt s'empara des zéolithes, que l'on assimilait aux spaths calcaires; on avait même un *albatre zéolithique*. Tilas, Wallerius et plus tard Vauquelin, démembrèrent la famille des feldspaths. Pott et Wallerius se chargèrent d'établir la différence qui existe entre les gypses et les spaths calcaires. Par suite de ses travaux, Pott mit encore le *marmor metallicum* au rang des spaths calcaires, parce qu'il est effervescent, et quoiqu'il soit très-pesant; les belles recherches de Schéele fixèrent, en 1771, la position du spath fluor; le même chimiste et Bergmann en démontrant, en 1774, que la base des spaths pesants était une terre particulière, la baryte, achevèrent de mettre au néant l'hypothèse de leur identité avec le gypse et les spaths séléniteux, hypothèse qui avait, d'ailleurs, déjà été combattue par Justi. Enfin, en 1773, Hill, dans la deuxième édition de sa *Spathogénésie*, déclarait que le spath est essentiellement de nature calcaire, qu'il produit une effervescence avec tous les acides, et qu'il se convertit en chaux par la calcination.

Premiers aperçus sur les Dolomies.

IV. Les spaths effervescentiels étaient donc à peu près isolés, et tout se trouvait préparé pour l'enfantement de la dolomie;

mais cet enfantement devait être long et pénible, car ce carbonate complexe demeurait toujours comme noyé au milieu de divers autres corps d'un caractère analogue, et de plus, tellement ambigu, que même de nos jours l'assortiment n'en paraît pas irrévocablement fixé. C'est par conséquent ici qu'il importe de suivre patiemment la marche progressive des travaux, si l'on veut comprendre combien est grande la valeur d'une acquisition scientifique. Pour cela reprenons l'histoire de ces spaths, à partir de l'introduction de la chimie dans la minéralogie.

Pott avait déjà des idées nettes sur le spath d'Islande; d'ailleurs le curieux phénomène de la double réfraction, découvert en 1669, par Erasme Bartholin, avait dû nécessairement fixer l'attention sur ce corps. Le fer spathique était aussi déterminé métallurgiquement, parce qu'il constituait une mine de fer blanche (albicans). Enfin, la belle couleur rose du carbonate de manganèse de Nagyag avait permis à Cronstedt de reconnaître confusément un *manganèse minéralisé par l'A. aérien*.

Voilà donc trois combinaisons fondamentales en partie arrêtées; et je dis en partie, car le résumé des analyses fera bientôt voir qu'il restait encore beaucoup à faire. D'ailleurs, autour d'elles se rangeaient divers autres minerais, sur le compte desquels on ne pouvait alors émettre que des conjectures. On savait seulement que les uns étaient doués d'un éclat un peu perlé, le plus souvent opaques, plus pesants que les autres spaths calcaires, et de plus susceptibles de brunir ou de jaunir au contact de l'air; cette dernière circonstance les avait fait nommer *spaths brunissants* ou *braunspath* par les mineurs allemands.

Les autres, qui possédaient un éclat nacré, provenant d'un arrangement particulier des rudiments cristallins, furent caractérisés en 1768, par Linnée, à l'aide des phrases sui-

vantes : *Spathum rhombeum*, *crystallis aggregatis cubicis, faciebus obliquangulis*. *Muria rhombea*, seu *muria lapidosa*, *spathosa solitario-rhombea*, *fixa*. Une variété plus écaillée de ces minerais était encore définie ainsi par le même naturaliste : *Natrum embryonatum*, seu *natrum lapidosum, squammis ligulatis, subimbricatis, canaliculatis, opacis*.

Ce n'étaient, comme on le voit, que de simples signalements ; au surplus, les dénominations de *natrum* et de *muria* (sel commun), appliquées à des carbonates essentiellement calcaires et magnésiens, avaient quelque chose de choquant. Aussi ne faut-il pas perdre de vue que Linnée, le premier parmi les naturalistes qui ait donné à la cristallisation toute l'importance qu'elle mérite, pensait que la présence de divers sels était nécessaire pour donner aux minéraux la propriété de cristalliser. D'après ses idées, les cristaux pierreux ne devaient pas être considérés comme des espèces du genre des sels, mais comme des corps dont un principe salin déterminait la régularité ; *quæ sine sale nunquam peragi poterit*. Il rapprochait donc des sels, les substances auxquelles il avait reconnu des formes analogues à celles du *natrum*, du nitre, du sel marin, de l'alun, du vitriol, du borax, etc. Cette erreur ne pouvait pas demeurer long-temps sans être combattue ; elle le fut par Cronstedt, et plus spécialement par Hill, qui se livra entre autres à une série d'expériences très-rationnelles, eu égard à l'époque, avec l'intention de démontrer l'absence du *natrum* dans les *spaths* calcaires.

Il reste donc à comprendre le motif qui a pu amener un esprit juste et droit comme celui de Linnée à s'embarasser d'une complication aussi inutile. C'est qu'elle existait avant lui ; c'est que d'autres philosophes, admirateurs enthousiastes de la beauté et de la régularité géométrique de certains sels, mais incapables de comprendre qu'elles fussent le ré-

sultat d'un simple arrangement déterminé par les forces inhérentes aux molécules , croyaient devoir recourir à l'intervention d'agents doués d'une *vertu séminale*. On conçoit dès lors que Linnée ait à son tour pu croire à la nécessité de l'influence des sels pour faire cristalliser les pierres ; ils apportaient avec eux cette vertu sans laquelle tout eût été désordre et confusion. Leur union avec la matière pierreuse était une sorte de fécondation qui la faisait cristalliser sous la forme particulière à chacun d'eux. Linnée retrouvait ainsi dans le règne minéral le système sexuel, dont il avait tiré un si grand parti relativement à la botanique , et cette généralisation était assez séduisante pour entraîner sa conviction.

Romé de l'Isle, en 1772, sortant ce spath de la classe des pierres, lui donna le nom plus expressif et plus juste de *spath perlé*, et dans son essai de cristallographie, publié en 1783, il le rangea parmi les *spaths séléniteux* ou *spaths pesants*, en convenant toutefois qu'il avait beaucoup de rapports avec le spath calcaire. Ayant d'ailleurs égard à la tache jaunâtre ou dorée que l'A. nitrique produit sur les variétés blanches, ainsi qu'aux couleurs brunes ou fauves qu'elles peuvent acquérir par leur exposition à l'air, il conclut que ces minerais perlés passaient insensiblement au *fer spathique*, et qu'ils pouvaient correspondre aux *spaths brunissants* des Allemands. Il tendait par conséquent à effectuer une réunion qui fut admise par Bergmann.

En 1778, un de ces minerais, provenant de Ste-Marie-aux-Mines, était encore pris pour une zéolithe ; Monnet reconnut qu'il était effervescent malgré sa dureté, et une analyse lui indiqua la présence de la magnésie et du fer. Cette analyse, que l'on désignerait maintenant tout au plus sous le nom de *qualitative*, n'en offre donc pas moins un certain intérêt, parce qu'elle paraît être la première qui ait manifesté la présence de la magnésie dans ces corps.

Woulfe publia ensuite, dans les *Transactions philosophiques de 1779*, des recherches sur un spath rhomboédrique, perlé, de couleurs irisées et variées, provenant de Joachimsthal; l'analyse lui fournit :

N° 1.	Terre calcaire aérée . . .	60,00
	Terre de magnésie	33,00
	Fer	3,00
		<hr/>
		98,00

Indépendamment de la chaux et du fer, la quantité de magnésie devenait très-notable; aussi désigna-t-il son minerai sous le nom de *spath composé* ou *complexe*. Il le distingua en outre du fer spathique, qui lui ressemble : 1° par la dissolution dans l'A. muriatique, qui, avec le minerai de fer, donne une liqueur d'un jaune intense; 2° parce que le sulfate de potasse, versé dans la dissolution muriatique du fer spathique, ne produit point de précipité; ce qui prouve l'absence du calcaire, tandis que le minerai précédent en contient une forte proportion; 3° parce que l'A. sulfurique dissout en entier le fer spathique; autre preuve qu'il ne contient point de chaux; enfin, 4° parce que l'A. nitrique dissout le spath perlé en question, et que la dissolution est incolore.

Le 15 juin 1782, Haüy se mit à son tour sur la scène, en communiquant à l'Académie des sciences une série d'observations qui donnaient une nouvelle idée de la nature de ces minerais. Il avait reconnu que les rudiments cristallins d'un de ces spaths blancs perlés, ordinairement groupés confusément et disposés en recouvrement les uns sur les autres, se montrent quelquefois suffisamment dégagés pour qu'il soit possible d'en discerner les différentes faces. Cette circonstance lui permit donc de constater qu'ils se présentent sous la forme de rhomboèdres semblables à ceux du spath d'Islande, et qu'ils offrent en outre les mêmes clivages.

Une pareille ressemblance entre des corps jusqu'à ce moment regardés comme différents, le frappa de telle sorte qu'il se fit aider par Brisson et Berthollet.

Le premier, qui s'occupait alors de son grand travail sur les pesanteurs spécifiques, lui démontra, par leur secours, que le spath perlé était bien plus voisin du spath calcaire que du spath pesant. En effet, les densités de ces corps sont :

27,151	pour le	spath calcaire.
28,378	—	spath perlé.
44,408	—	spath pesant.

Le second ne put découvrir autre chose que du calcaire uni à environ 4 p. 100 de fer souillé de manganèse, et Haüy, fort des résultats fournis par la forme cristalline, par la densité et par l'analyse, avança que le spath perlé devait être rangé parmi les spaths calcaires. Il déclara enfin que si sa densité était un peu plus forte et que s'il ne produisait pas une effervescence également vive avec les acides, ces différences ne devaient être attribuées qu'au seul mélange des parties ferrugineuses.

On le voit donc, ce minéralogiste se dessinait dès lors avec le caractère qu'il devait conserver pendant tout le reste de sa longue carrière. Il s'empare de la loi de la constance des angles, fruit des immenses recherches de Romé de l'Isle, pour en conclure l'identité de certaines espèces ; il appuie de quelques moyens physiques ses rapprochements goniométriques ; il fait aussi vérifier ceux-ci par les chimistes, et si l'accord n'est pas parfait, il saura toujours trouver quelque mélange réel ou imaginaire pour écarter les difficultés. Cette fois il fit faire ainsi un grand pas à la question ; mais ce pas était encore bien insuffisant. Il fallait encore accumuler les travaux pendant près d'un tiers de siècle, pour approcher du but.

Travaux des chimistes modernes et contemporains.

V. Nous voici arrivés maintenant à une époque où les analystes, plus sûrs de leurs moyens, pouvaient prétendre à la suprématie ; une espèce ne devait désormais plus se faire sans leur permission. Mais aussi, entraînés, d'une part, par les masses qu'ébranlait l'éloquence de Werner, et sollicités, d'un autre côté, par la précision mathématique à laquelle aspirait son émule Haüy, ils durent multiplier leurs travaux. De là cette foule de données capitales, dont nous allons donner un résumé aussi bref que le comportera notre objet.

Les premières analyses rigoureuses du *spath perlé* sont dues au célèbre Klaproth. En effet, cet habile chimiste ne tarda pas à indiquer la composition suivante, dans laquelle le fer entrait évidemment en trop petite proportion, pour qu'il fût indispensable d'en tenir compte.

	N ^o 2.
	Carbonites isométriques.
	Spath magnésien
	du Taberg.
Carb. de chaux	73,00
Carb. de magnésie	25,00
Ox. de fer et manganèse . . .	2,00
	<hr style="width: 50px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> 100,00

La magnésie devenait donc décidément un élément bien dessiné, et les cristaux qui en contenaient une dose notable furent introduits dans les classifications sous les noms de : *bitterspath* par Emmerling ; *rautenspath* par Werner ; *hornspath* et *kiesspath* par divers auteurs allemands ; *muricalcit* par Kirwan ; *spath magnésien* par Bergmann, et sous celui de *chaux carbonatée magnésifère* par Haüy. A ces dénominations diverses on substitua bientôt le nom de *dolomie*, en l'honneur du célèbre géologue Dolomieu, dont le nom figurera si souvent à l'occasion des observations faites sur cette

substance ; il venait d'ailleurs de signaler d'autres gisements de ces cristaux dans les roches dolomitiques du Tyrol , ainsi que dans les serpentines du cap Corse , où ils se trouvent associés au fer oxidulé.

Deux minerais nouveaux fournirent encore à Klaproth l'occasion de perfectionner davantage l'analyse de ces calcaires magnésiens.

Le premier fut répandu dans les collections par les marchands naturalistes , comme provenant des roches magnésiennes , telles que la chlorite , la serpentine , la stéatite du Tyrol et du Salzbourg , où il est accompagné d'asbeste , de talc et de grammatite ; une autre station de ce minéral fut découverte par la suite sur les bords de Loch-Lomond , en Ecosse. Sa dureté , son apparence nacrée et sa couleur variable du blanc-jaunâtre au brunâtre , le firent distinguer sous le nom de *pierite* par Blumenbach et par M. Brongniard.

Le second était de couleur verdâtre , pâle assez gaie ; possédant une forme cristalline et lenticulaire , compacte ou à texture rayonnée ; plus souvent en grandes masses que cristallisée régulièrement. Il fut rencontré à Miemo en Toscane , d'où la dénomination de *miemite* , qui lui fut imposée par Klaproth. Son gisement , dans cette localité , est indiqué par quelques minéralogistes comme une inclusion dans les cavités d'une masse d'albâtre gypseux. Mais d'après les explorations faites en 1831 par M. Frédéric Hoffmann , il serait placé dans un monticule de calcaire et de gabbro-rosso , traversé par des filons de serpentine diallagique , avec des veinules d'asbeste , des géodes de calcédoine , de cornaline , de hornstein , accompagnés de spath calcaire. M. Giesecke l'a retrouvé depuis dans le Groënland , à Kannioack , où il se montre en rognons avec la wawellite , l'arragonite et la calcédoine , dans une sorte de wacke décomposée , ou dans une roche talqueuse. Enfin cette variété a été signalée dans le pays de Gotha , par Karsten.

Ces deux minerais ont donné respectivement :

	N° 3. Picrite du Tyrol.	N° 4. Miemite de la Toscane.
Carb. de chaux	52,00	53,0
Carb. de magnésie . . .	45,00	42,5
Fer et manganèse	3,00	3,0
	<hr/> 100,00	<hr/> 98,5

résultats qui approchent des données atomistiques et conduisent à la formule : $\text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$.

Ajoutons ici, comme complément de ces analyses sur les dolomies cristallines à peu près pures, les suivantes qui ont été faites bien plus récemment.

	N° 5. Dolomie de Dalarne en Suède. Hisinger.	N° 6. Dolomie rhomboédrique du Mexique. Beudant.
Carb. de chaux	53,80	53,73
Carb. de magnésie	43,16	44,48
Carb. de fer et manganèse .	2,43	1,59
	<hr/> 99,39	<hr/> 99,80

Elles rentrent encore dans le type de l'espèce dolomie, considérée comme composée d'un atome de carbonate de chaux, pour un atome de carbonate de magnésie, type beaucoup plus rare parmi les cristaux qu'on ne le croit communément. En effet, les autres analyses indiquent les compositions les plus variées, et par conséquent autant de cas particuliers, comme on peut le voir par les exemples suivants :

	N° 7. Calc. rhomboédrique de Hall, en Tyrol. Klaproth.	N° 8. Calc. lenticulaire du Mexique. Beudant.	N° 9. Spath calcaire du Kaiserstuhl. Berthier.	N° 10. Calc. rhomboédrique du Mexique. Beudant.
C. de chaux	68,0	76,13	77,2	91,27
C. de magnésie	25,5	23,87	16,1	8,73
C. de fer	1,0	»	2,2	»
Eau argile	4,0	»	5,4	»
	<hr/> 98,5	<hr/> 100,00	<hr/> 100,9	<hr/> 100,00
Formules	$2 \text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$	$5 \text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$	$4 \text{Ca C}^2 + (\frac{\text{Mg}}{\text{F}}) \text{C}^2$	»

Concluons donc de là que les calcaires magnésiens, même quand ils sont cristallisés, peuvent ne pas être composés de 1 atome de chacun des deux carbonates. M. Breithaupt, mù par cette considération jointe à d'autres, a constitué avec les nos 2 et 7, son *carbonites isometricus*, qui correspond à la *tharandite* de Freiesleben ; de la miémité, il fait son *carbonites dimerus* ; enfin la dolomie proprement dite entre dans la catégorie de ses *carbonites eumetricus*.

Complications occasionnées par le fer et le manganèse.

VI. Dans les mines de fer spathique de Golrath en Styrie, du Salzbourg, de la Carinthie, du Voigtland et du Dauphiné, on trouve un carbonate doué d'un éclat perlé passant au vitreux, à surfaces de clivage souvent courbes, de couleur blanc jaunâtre, et qui produit une effervescence vive avec l'A. nitrique. C'est le *carbonites paratomus* de Breithaupt, l'*ankérite* de Haidinger, et le *rosszahn*, ou *rohwand* des mineurs et des fondeurs, qui le mélangent au minerai comme castine ferrifère. Il contient, d'après différentes analyses faites sur la variété de Golrath :

	N ^o 11.	N ^o 12.	N ^o 13.	N ^o 14.
	Ankérite par Jöhn.	Ankérite par Schrotter.	Ankérite par Haidinger.	Ankérite par Berthier.
C. de chaux . . .	50,0	50,113	48,03	51,1
C. de magnésie .	8,4	11,846	16,46	25,7
C. de fer	35,1	35,308	32,06	20,0
C. de manganèse.	5,0	3,084	2,97	3,0
	<hr/> 98,5	<hr/> 100,351	<hr/> 99,52	<hr/> 99,8

M. Berthier lui assigne la formule : $\text{Ca C}^2 + \left(\frac{\text{Mg}}{\text{Fe}}\right) \text{C}^2$; ce serait donc une dolomie dans laquelle le carbonate de magnésie se trouverait remplacé par une proportion très-notable de carbonate de fer. Mais, dans ces calcaires multiples, on

retrouve encore les mêmes variations que dans le cas précédent, car divers autres spaths de la même catégorie donnent :

	N° 15. Calc. rhomboédrique de Brosso (Piémont). Beudant.	N° 16. Spath calcaire de N.-D.-du-Pié, près Moutiers. Berthier.	N° 17. Spath calcaire de Villefranche (Aveyron). Berthier.	N° 18. Spath calcaire de Pesey (Savoie). Berthier.	N° 19. Spath calcaire de Moutiers (Savoie). Berthier.
C. de chaux .	84,77	56,0	60,9	53,2	63,2
C. de magnés.	9,57	14,9	30,3	25,0	11,4
C. de fer . .	5,66	23,0	6,0	14,0	17,5
C. de manga.	»	2,3	3,0	5,8	6,5
Gangue, eau.	»	2,3	»	0,4	1,4
	<hr/> 100,00	<hr/> 98,5	<hr/> 100,2	<hr/> 98,4	<hr/> 100,0

Formules. . . . » » $3 \text{Ca C}^2 + \left(\begin{smallmatrix} \text{Mg} \\ \text{Fe} \\ \text{Mn} \end{smallmatrix} \right) \text{C}^2$ » $2 \text{Ca C}^2 + \left(\begin{smallmatrix} \text{Fe} \\ \text{Mg} \\ \text{Mn} \end{smallmatrix} \right) \text{C}^2$

	N° 20. Chaux carbonatée de Schans (Grisons). Berthier.	N° 21. Spathisenstein de Mulien (Grisons). Berthier.	N° 22. Chaux carbonatée de Vizille (Isère). Berthier.	N° 23. Chaux carbonat. de Cornillon, près Vizille. Berthier.
C. de chaux . . .	47,8	50,5	50,0	51,1
C. de magnésie .	28,9	32,4	30,8	25,7
C. de fer	13,7	12,3	13,4	20,0
C. de manganèse.	0,3	»	0,4	3,0
Gangue	7,4	4,3	5,6	»
	<hr/> 98,1	<hr/> 99,5	<hr/> 100,2	<hr/> 99,8

Formule. $\text{Ca C}^2 + \left(\begin{smallmatrix} \text{Mg} \\ \text{Fe} \end{smallmatrix} \right) \text{C}^2$

Les divers résultats, dont plusieurs indiquent des compositions identiques, se rapportent à des *spaths brunissants*, et parmi ceux-ci doit se trouver le *carbonites teutoclinus* de Breithaupt; le même minéralogiste range spécialement le minerai n° 18 dans son *carbonites crypticus*.

Carbonates calcaires proprement dits.

VII. Le fer, la magnésie, le manganèse peuvent encore manquer, et de là des calcaires à peu près purs. Cependant

Descostils, Proust et Stromeyer ont reconnu des traces de fer et de manganèse dans des spaths limpides d'Andréasberg et jusque dans ceux d'Islande ; on a donc une nouvelle série indiquée par les variations suivantes :

	N° 24.		N° 25.
	Carbonites eugnosticus.	Carbonites diamesus	Carbonites diamesus
	Spath d'Islande.	d'Andreasberg.	d'Andreasberg.
	Stromeyer.	Stromeyer.	Stromeyer.
A. carbonique. . . .	43,71	43,70	43,56
Chaux	56,25	56,15	55,98
Prot. de fer.	»	0,15	{ 0,35
Prot. de manganèse.	»		
	<hr/> 99,96	<hr/> 100,00	<hr/> 99,89
	N° 26.	N° 27.	N° 28.
	Carbonites archigonius.	Carbonites haplotypicus.	Calcaire rose de Montiers.
	Lampadius.	Lampadius.	Berthier.
C. de chaux	94,65	94,40	96,0
C. de fer.	4,44	0,92	3,0
C. de manganèse .	0,43	4,20	1,0
	<hr/> 99,52	<hr/> 99,52	<hr/> 100,0

Indépendamment des *carbonites eugnosticus*, *diamesus*, *archigonius*, *haplotypicus*, dont la composition est connue, on peut ranger à la suite les *carbonites diastaticus*, *melleus*, *meroxenus* et *paroïcus*, dont M. Breithaupt n'a indiqué jusqu'à présent que les angles et quelques autres caractères physiques.

Carbonates magnésiens.

VIII. Dans d'autres spaths effervescents, le carbonate de chaux s'efface entièrement, et celui de magnésie devient l'élément essentiel. Le cas le plus simple est le *talcspath* ou *carbonites hystaticus* de Breithaupt, ainsi composé :

N° 29.

Magnésie carbonatée
de Baumgarten.
Stromeyer.

Carb. de magnésie	98,38
Carb. de fer	»
Oxide de fer	0,21
Eau et matières volatiles . .	1,40
	<hr/>
	99,99

Cependant les complications précédentes se manifestent encore, surtout par suite de la présence du fer, et l'on voit alors se dessiner quelques groupes assez bien définis. Le premier constitue le *spath jaunissant*, *gelbspath*, *breunerit* de Stromeyer, ou *carbonites brachytypicus* de Breithaupt, représenté par les analyses ci-dessous.

	N° 50.	N° 51.	N° 52.	N° 53.	N° 54.
	Breunerit. Karsten.	† Breunerit du Tyrol. Stromeyer.	Breunerit du Tyrol. Stromeyer.	Breunerit du Harz. Stromeyer.	Dolomie de Pflisch. Magnus.
C. de magnés.	84,55	82,89	86,05	84,34	82,91
C. de fer . . .	15,25	16,79	13,15	10,02	15,59
C. de manga.	»	0,78	»	3,19	1,19
Matiè. volat.	»	»	»	1,62	»
	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>	<hr/>
	99,80	100,46	99,20	99,17	99,69

Un second groupe est formé par le *mésitinspath* ou *carbonites mésitinus* de Breithaupt.

N° 53.

Mésitinspath
de Traverselle.
Stromeyer.

Carb. de magnésie	42,77
Carb. de fer	57,23

100,00

Celui-ci a pour formule : $Mg C^2 + Fe C^2$; c'est-à-dire qu'il représente une dolomie ferrique. Son nom lui a d'ailleurs été donné parce qu'il tient le milieu entre le fer spatique et la magnésie carbonatée.

Un troisième groupe est désigné sous le nom de *magnésitspath* par Stromeyer, et sous celui de *carbonites allotropus* par Breithaupt ; il se compose de :

	N° 36. Magnésitspath noirâtre de Hall, Stromeyer.	N° 37. Magnésie carbonatée lamell. du Salzbourg, Dufrenoy.	N° 38. Magnésitspath du Salzbourg, Berthier.
C. de magnésie . .	89,70	89,03	91,9
C. de fer	8,02	9,87	8,1
C. de manganèse. .	2,44	»	»
Eau et mat. volat. .	0,11	»	traces
	<hr/> 100,27	<hr/> 98,90	<hr/> 100,0

Carbonates manganésiens.

IX. Le manganèse peut prédominer à son tour dans les *spaths*, de manière à constituer les carbonates manganésiens ou *diallogites* de Beudant, qui ont encore été divisés en trois groupes par les minéralogistes allemands.

Le premier se compose du *carbonites manganosus* de Breithaupt, dont la couleur rouge est assez intense. Les nombreuses analyses suivantes donneront une idée de ses variations :

	N° 39. Mang. carb. de Kapnick, Stromeyer.	N° 40. Mang. carb. d'Ala. Cantu.	N° 41. Mang. carb. de Freiberg, Berthier.	N° 42. Mang. carb. de Nagyag, Stromeyer.	N° 43. Mang. carb. de Kapnick, Dumessnil.	N° 44. Mang. carb. de Nagyag, Berthier.
C. de manga.	79,91	82,0	82,2	86,64	87,8	90,5
C. de chaux .	16,05	3,0	8,9	10,58	4,4	9,5
C. de magné.	3,30	»	1,6	2,43	»	»
C. de fer . .	0,44	»	7,3	»	2,9	»
Eau, gangue.	»	15,0	»	0,31	4,4	»
	<hr/> 99,70	<hr/> 100,0	<hr/> 100,0	<hr/> 99,96	<hr/> 99,5	<hr/> 100,0

Le second groupe est formé par le *manganspath* des mineurs de Freiberg, ou *carbonites rosans* de Breithaupt. Sa couleur est d'un rose clair ; il se compose de :

	N ^o 45. Manganspath de Freiberg. Stromeyer.
Carb. de manganèse	73,70
Carb. de chaux	13,08
Carb. de magnésie.	7,26
Carb. de fer.	5,75
	<hr/> 99,79

Le troisième groupe comprend une combinaison assez ferrugineuse, pour que les mineurs d'Ehrenfriedersdorff aient pu la désigner sous le nom de *eisenspath*; c'est le *carbonites oligus* de Breithaupt. Il est composé de :

	N ^o 46. Oligouspath. Magnum.
Carb. de manganèse	40,68
Carb. de fer.	59,99
	<hr/> 100,67

résultat qui conduit à la formule compliquée : $2\text{mnC}^2 + 3\text{feC}^2$.

Carbonates ferreux.

X. Pour compléter actuellement, autant que possible, l'exposé des travaux sur les spaths effervescents, il nous reste à ranger ici divers résultats fournis par l'analyse des minerais de *fer spathique*. M. Breithaupt en réunit l'ensemble sous le titre de *carbonites ferrosus*; mais les mineurs dauphinois y distinguent trois variétés principales, savoir : les *maillats*, les *rives* et les *rives orgueilleux*, distinction fondée, si l'on en juge par les nombreuses analyses de M. Gueymard. Ce savant ingénieur des mines les caractérise même de la manière suivante :

Les *maillats* sont des minerais à grandes lames, contenant beaucoup de carbonate de magnésie, et très-peu de carb. de manganèse; ils éclatent en petits rhomboèdres au premier coup de feu, ce qui en rend le grillage difficile. La dimension des lames ou des cristaux est d'ailleurs un excellent caractère pour

indiquer la quantité de magnésie, en sorte qu'avec un peu d'expérience, on arrive presque à suppléer à l'analyse chimique.

Les *rives* sont à très-petites lames ; ils sont proportionnellement riches en carbonate de manganèse, et pauvres en carbonate de magnésie.

Enfin les *rives orgueilleux* constituent un état moyen entre les *maillats* et les *rives* quant à la dimension des lames ; ils constituent aussi un état moyen pour les quantités de magnésie et de manganèse : en effet, ils contiennent moins de magnésie et plus de manganèse que les *maillats*.

M. Gueymard paraît d'ailleurs avoir fait abstraction de la chaux contenue dans ces divers minerais, parce qu'il ne s'agissait pour lui que d'un simple classement métallurgique ; on se contentera donc d'indiquer les trois exemples suivants, pris parmi ses divisions :

	N° 47. Maillat de Rossignon.	N° 48. Rives de Grand-Champ.	N° 49. Rives orgueilleux galerie Milleret.
Carb. de fer	80,93	86,90	85,00
Carb. de manganèse.	2,37	1,80	8,00
Carb. de magnésie. .	16,50	9,50	7,00
Gangue.	0,20	1,80	»
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Ajoutons enfin quelques analyses de M. Berthier, choisies entre une foule d'autres, pour donner une idée des différences qui peuvent exister entre ces sortes de minerais.

	N° 50. Rives d'Alleverd (Isère).	N° 51. Maillat d'Alleverd (Isère).	N° 52. Fer spathi- que de Styrie.	N° 53. Fer spathi. de Pierre-Rousse, près Vizille.	N° 54. Fer spathi. de St-Geor. d'Hurtières.	N° 55. Fer spathi. du Stahlberg. Siegen.
C. de fer . .	84,7	69,5	91,6	84,0	81,0	73,0
C. de manga.	4,0	»	5,3	2,8	13,0	16,5
C. de magné.	11,3	31,6	3,1	7,4	1,5	3,3
C. de chaux .	»	»	»	1,8	3,5	1,9
Gangue . . .	»	»	»	2,2	1,0	4,2
	<hr/> 100,0	<hr/> 101,1	<hr/> 100,0	<hr/> 98,2	<hr/> 100,0	<hr/> 98,9

Divers gisements ont déjà été indiqués pour quelques-uns des spaths compris dans les séries des analyses précédentes ; il reste à compléter ces détails pour les autres, d'après les données de M. Breithaupt. On donnera ainsi un premier aperçu sur la variété des causes qui ont pu présider à la formation de ces minerais tant simples que complexes.

Le *carbonites parvoïcus* est une formation journalière de la caverne calcaire de Kornial, près de Trieste.

Le *carbonites melleus* est lié aux terrains sédimentaires et remplit les fissures du quadersandstein et du planerkalk des environs de Dresde ; il se montre encore à la butte de Montmartre, à Paris.

Le *carbonites dimerus* existe dans les bancs des dolomies tant anciennes que modernes ; quelques-unes de ces roches, qui sont associées aux calcaires anciens, ont montré le *carb. isometricus*.

Les *carbonites diamesus* et *meroxenus* sont unis aux calcaires anciens ; d'ailleurs le *meroxenus* se voit aussi implanté sur les zéolithes de la Bohême.

Les *carbonites allotropus* et *isométricus* sont empâtés dans les gypses des formations salifères de Hall.

Les *carbonites brachytypicus*, *eugnosticus*, *diamesus*, *haplotypicus*, *diastaticus*, *tautoclinus*, *paratomus*, *crypticus*, *eumetricus*, *dimerus*, *mesitinus*, *rosans*, *manganosus*, *oligus* et *ferrosus*, sont liés aux filons métallifères. M. Descloiseaux observe, de son côté, que le *carb. eugnosticus* (spath d'Islande) se développe aussi dans l'argile d'une géode, à la manière des gypses dans les marnes de Montmartre et d'Autueil ; en sorte qu'en dernière analyse, tous les modes de formation, savoir : la cristallisation aqueuse et ignée, et la voie du métamorphisme, ont concouru à la production de ces spaths. La conclusion à tirer de ce fait est évidemment la nécessité d'étudier séparément chacun des cas,

et c'est ce qui sera fait par la suite avec de plus amples détails.

Avant de passer aux discussions qui furent le résultat naturel des opérations chimiques sur les spaths effervescents, il convient aussi de faire observer qu'en les rangeant d'après l'ordre rigoureux de leurs dates, on aurait amené de la confusion sans aucun avantage réel. Les bases des découvertes une fois posées, les travaux subséquents n'amènent plus que la généralisation et la précision. Il suffit donc de rappeler en gros que dans la chimie minéralogique, à l'ère fondamentale des Cronstedt, Schéele et Bergmann, succéda celle de Vauquelin et Klaproth, pendant laquelle les procédés de l'analyse furent perfectionnés et rendus familiers. Vint ensuite celle de la rigueur et de l'extension des travaux, qui est caractérisée par les belles et nombreuses recherches de MM. Berzélius et Berthier. De nouvelles ères doivent naturellement surgir, et, dès ce moment, il est facile de voir que les applications manquent encore. Que les chimistes, par exemple, qui s'enquerraient spécialement de la constitution des minerais, s'occupent donc enfin des mélanges et des combinaisons qui font varier les formes par la troncature des angles et des arêtes ; c'est une partie trop négligée jusqu'à ce jour, malgré tout l'intérêt qu'offrent les premières expériences de MM. Leblanc et Beudant ; il est pourtant aisé de voir qu'elle doit conduire à d'importantes données sur l'influence des associations. Que ceux dont le cadre est plus étendu, s'attachent de leur côté à ces espèces, qui jouent un rôle par leur abondance et sur lesquelles on ne possède cependant pas encore de données suffisantes. Humboldt l'a dit : « Il est temps de rapprocher la géologie de la physique et de la chimie. » Le mouvement commandé par un tel chef doit être exécuté.

Premières conclusions déduites de l'analyse des spaths.

XI. Les premiers résultats obtenus sur les spaths n'eurent guère d'autre effet que celui de confirmer d'anciennes coupures, posées plus ou moins nettement par Romé de l'Isle, en 1783 ; par de Born, en 1790 ; par Werner, en 1791 et 1792 ; par Bergmann, en 1792 ; par Emmerling, en 1793 ; et voici en quoi elles consistent :

1° *Chaux carbonatée*, HAUY ; *Chaux aérée*, DE BORN et BERGMANN ; *Spath calcaire*, DE L'ISLE ; *Kalkstein*, EMMERLING.

Soluble avec effervescence dans l'A. nitrique ; réductible en chaux vive par la calcination.

2° *Chaux carbonatée magnésifère*, HAUY ; *Spath magnésien*, BERGMANN ; *Bitterspath*, EMMERLING ; *Rautenspath*, WERNER ; *Dolomie* ou *Dolomite*.

Soluble lentement et sans effervescence dans l'A. nitrique, quelquefois elle en excite une légère lorsqu'elle est réduite en poudre.

3° *Chaux carbonatée ferrifère* ; *Calcaire jaunissant* du Salzbourg, indiqué vaguement par Haüy, et confondu avec le fer spathique. (Voir *Ann. du Muséum*, tome II, page 181.)

Tardive et légère effervescence dans l'A. nitrique ; jaunissant sous l'influence de l'air et d'une goutte du même acide ; rougissant par l'action du feu.

4° *Chaux carbonatée ferro-magnésifère* ; *Chaux carbonatée ferrifère perlée*, HAUY ; *Spath séléniteux* ou *Spath perlé*, DE L'ISLE ; *Braunspath*, EMMERLING ; *Sidero-calcite*, KIRWAN ; *Chaux manganésinée*, DE BORN.

Soluble avec une légère effervescence dans l'A. nitrique ; brunissant par l'action du feu et de l'air ; devenant attirable par la calcination.

5° *Manganèse carbonaté* ; *Manganèse oxidé silicifère rose et violet*, HAUY ; *Rothbraunsteinerz*, KARSTEN et WERNER.

Soluble dans l'A. nitrique avec effervescence ; devenant brun noirâtre par la calcination, et colorant en violet le verre de borax.

6° *Fer carbonaté, Chaux carbonatée ferrifère*, HAÜY ; *Fer spathique*, DE BORN et DE L'ISLE ; *Mine de fer blanche*, BERGMANN ; *Spathiger-eisenstein*, EMMERLING.

Tardive et légère effervescence avec l'A. nitrique ; jaunissant sous l'influence de l'air et d'une goutte du même acide ; rougissant par l'action du feu et devenant attirable à l'aimant.

Ces coupures, bonnes pour donner une première idée de la constitution de ces corps, et pour aider à leur classement dans les collections, n'allaient cependant pas, de l'avis de plusieurs minéralogistes, tels que Bergmann et Haüy, jusqu'à élever les spaths jaunissants, brunissants, ferreux et autres, au rang d'espèces distinctes ; en effet chaque analyse nouvelle démontrait que le terrain était changeant, tandis que la forme générale du spath calcaire subsistait. Ils ne virent donc là autre chose que de simples variétés produites par des mélanges accidentels. Mais les autres minéralogistes, qui se basaient plus spécialement sur les caractères extérieurs, ne furent pas aussi timorés ; ils en firent autant d'espèces qu'il y avait de ces caractères ; c'est du moins ce qui résulte des classifications d'Emmerling, de Lenz, de Widenmann et de Werner, dans lesquelles on voit figurer en cette qualité les *bitterspath* et *braunspath*.

Une autre circonstance intervenait encore pour augmenter les incertitudes de la question. On a vu que parallèlement à la série dans laquelle la chaux forme la base essentielle, il se range une autre série dont l'élément capital est le protoxide de fer, avec l'apparition sporadique d'une certaine dose de chaux ; le tout étant donc lié d'une manière insoluble, les discussions relatives à ces deux catégories devien-

nent en quelque sorte communes ; elles sont inséparables , complémentaires les unes des autres, et de là l'obligation de rapporter ici l'histoire des fers spathiques.

Recherches et discussions sur le fer spathique.

XII. Le fer spathique fut défini primitivement par Cronstedt, comme étant une pierre calcaire mêlée au fer d'une manière intime. Quelques expériences lui ont-elles permis de constater la présence de la chaux, ou bien basait-il son opinion sur un sentiment vague, c'est ce qu'on n'entreprendra pas d'établir ; il n'en reste cependant pas moins évident que l'idée de l'union de la chaux carbonatée au fer carbonaté est ancienne dans la science.

Bayen est le premier chimiste qui ait laissé des recherches positives sur la composition du minerai en question ; elles datent de 1774, et il crut pouvoir conclure de ses analyses : 1^o que le fer y est à l'état métallique ; 2^o qu'il contient un gaz sur la nature duquel il ne s'explique point, mais que nous savons être l'A. carbonique ; 3^o qu'il renferme quelquefois de petites quantités de chaux, et que dans d'autres cas il n'en contient aucune trace ; cette circonstance le porte à admettre que ce minerai, considéré en masse, peut se trouver çà et là incorporé avec du carbonate calcaire sans que celui-ci fasse partie essentielle de sa constitution ; enfin 4^o il crut y trouver des quantités très-notables de zinc. Ce dernier résultat, qui fut confirmé par Dizé, prouve aussi tout au plus que certains fers spathiques peuvent contenir accidentellement quelques traces de ce métal ; mais il est à croire que Bayen a confondu le sulfate de magnésie avec celui de zinc.

Presque en même temps que Bayen, Bergmann publia une dissertation intitulée *de Mineris ferri albis*, dans laquelle il indiqua la présence de la chaux en quantité assez notable pour

qu'il dût la regarder comme formant une partie intégrante et capitale du fer spathique. L'oxide de manganèse fut un autre produit important que ses analyses mirent en évidence ; aussi Bergmann déclara formellement que la mine de fer blanche était une chaux aérée, souillée (*inquinata*) par le fer et le manganèse.

Sage vint ensuite nier de nouveau la combinaison du carbonate calcaire, tout en confirmant celle du manganèse, et il crut encore reconnaître la présence du zinc.

En 1804, Bucholtz constate l'existence d'une petite quantité de chaux, sans pouvoir arriver à obtenir une proportion pondérable de manganèse.

En 1805, Drappier rejette à son tour la chaux et n'admet que des doses infiniment petites de manganèse, tandis qu'il signale la présence d'une très-forte proportion de magnésie ; aussi suppose-t-il que Bergmann avait donné dans l'erreur en confondant la magnésie avec le manganèse.

Tant de résultats contradictoires déterminèrent Descostils à faire immédiatement (1805) un travail plus complet sur les fers spathiques. Amené à y trouver à la fois du fer, du manganèse, de la magnésie et même une certaine quantité de chaux, le tout en proportions variables, il conclut que ces minerais peuvent changer dans leur composition. Dès lors les divergences de ses devanciers devinrent explicables ; en un mot, l'on voyait se vérifier ce qu'en 1748, Hill avait proclamé en quelque sorte prophétiquement dans sa *Spathogénésie*, savoir : que *la suite de ces fossiles forme un grand cercle qui rentre toujours en lui-même*. Mais aussi, il ne restait plus aucun caractère tranché pour distinguer le fer carbonaté des spaths brunissants, ou des chaux carbonatées ferro-manganésifères ; on pouvait dire seulement qu'en général le fer carbonaté n'offre jamais l'aspect perlé des autres, qu'il ne forme pas comme ceux-ci des rhomboèdres contour-

nés, mais des cristaux régulièrement configurés, dont la pesanteur spécifique est au moins de 3,2, et qu'enfin il devient bien plus facilement magnétique par l'action de la chaleur.

Cependant l'existence d'un fer spathique sans chaux et tous ces mélanges divers dans lesquels il y avait exclusion de l'une ou de l'autre base, constituaient une grave difficulté pour l'arrangement minéralogique que Haüy décorait du nom de sa *Méthode*. Pour mieux faire comprendre la nature et la portée des objections, reprenons la question de plus haut, en rappelant les bases sur lesquelles ce système de classification était fondé.

Haüy, aussi bien que Dolomieu, définissait l'espèce minéralogique comme étant *une collection de corps dont les molécules intégrantes sont semblables par leurs formes et composés des mêmes principes unis entre eux dans le même rapport*. En effet, disait-il, un minéral n'est autre chose qu'un agrégat de molécules liées entre elles par l'affinité; elles sont assujéties à se disposer de manière à former un ensemble géométrique; mais n'étant pas homogènes, leurs combinaisons variées produisent autant de corps différents par leurs formes. Puis il ajoutait en forme de conclusion: « La cristallographie doit donc venir en aide à la chimie; il faut même lui accorder la préférence sur celle-ci, car elle a l'avantage de ne point dénaturer les corps. »

Cette assertion était, comme on le voit, une sorte de grappin que les classificateurs par les caractères géométriques, essayaient de jeter sur les chimistes pour les entraîner à la remorque. Mais ceux-ci, forts de leurs immenses services, repoussèrent cette tentative; leur cause fut d'ailleurs énergiquement soutenue par Berthollet, Pelletier et Lametherie, qui dirigèrent même leurs attaques contre l'ensemble des idées de Haüy, dont toutes les bases furent dès ce moment mises en question. De là des discussions chaudes, animées et du

plus grand intérêt ; malheureusement elles nous entraîneraient tellement au-delà de notre but qu'il faut se contenter de reproduire celles dont les spaths effervescents furent l'objet spécial , et voici comment elles surgirent :

Haüy, partant des analyses de Bergmann, lesquelles indiquaient toutes une quantité considérable de chaux carbonatée dans les minerais de fer spathique, avait conclu avec ce chimiste que le fer carbonaté n'était autre chose qu'un véritable *carbonate de chaux ferrifère*, ou bien un simple mélange de chaux carbonatée et de fer, dans lequel celui-ci se façonnait à la manière de la chaux, dont la puissante énergie de cristallisation entraînait celle de son compagnon. Il regardait encore comme infiniment probable que le fer spathique a été produit d'un seul jet, c'est-à-dire que, pendant sa formation, la chaux carbonatée a englobé accidentellement plus ou moins de fer, sans que ses molécules perdissent leur tendance à s'arranger suivant les lois qui leur sont propres. Ce qui lui paraissait ajouter un nouveau degré de vraisemblance à cette opinion, c'est la propension des spaths ferreux à s'offrir sous des formes contournées dans les cas d'une cristallisation précipitée ; nulle part le calcaire n'offre un pareil accident, et il est assez naturel de penser que les molécules ferrugineuses ont influé sur l'espèce de perturbation qu'éprouvait l'affinité réciproque des molécules calcaires. Le spath perlé devant donc être regardé comme le rudiment du fer spathique, et celui-ci comme étant le dernier terme de la gradation, il convenait de faire partir la chaîne entière du point d'attache. Or, comme Haüy plaçait le spath perlé au rang des simples variétés du calcaire, il dut nécessairement en agir de même à l'égard du fer spathique.

En raisonnant ainsi, ce minéralogiste ne faisait autre chose qu'une application naturelle de ses idées sur les mélanges de *principes accidentels*. Dans son opinion, ceux-ci se glissent

comme furtivement entre les molécules intégrantes des cristaux sans les dénaturer en aucune manière. Pour sa géométrie, tous les minéraux étaient purs ; en d'autres termes, ces complications lui apparaissaient comme de simples larcins faits par le cristal à sa gangue, de manière à se modifier chimiquement, mais non cristallographiquement. Si donc chaque minéral pouvait restituer ce qu'il a dérobé aux corps environnants, le nombre des fausses espèces se trouverait immédiatement réduit. Il faut aussi dire que les expériences de Leblanc, de Bernhardt et plus tard celles de M. Beudant donnaient un certain corps à cette doctrine, car elles semblaient établir que plusieurs substances peuvent imprimer leur forme cristalline à une autre, même dans le cas où celle-ci dominerait dans la combinaison.

Cependant, comme on l'a vu, de nouvelles analyses ne tardèrent pas à démontrer l'absence complète de la chaux dans certains fers spathiques ; Drappier entre autres tira hardiment des siennes la conclusion que, si l'identité des formes du calcaire et du fer carbonaté était bien constatée, il n'y avait plus lieu de croire que ces mêmes formes pussent être considérées comme fournissant des caractères distinctifs ; et tous les adversaires de Haüy furent immédiatement du même avis.

L'argument était pressant ; aussi notre célèbre minéralogiste ne put demeurer dans le silence : c'eût été s'avouer vaincu ; c'eût été renoncer à l'un des plus beaux fleurons de sa couronne, et l'on aura plus d'une occasion de voir qu'à tort ou à raison, il n'était pas homme à reculer devant un combat. C'est qu'aussi il était plein de foi dans son œuvre, et que sans cette foi ardente, inébranlable, il n'est point de grandes entreprises, il n'est pas non plus de grands succès. Ceux-ci ne sont point le lot des esprits faibles, timides, irrésolus. Quelques revers, il est vrai, sont la conséquence habituelle de cette ténacité, et malheureusement la tâche actuelle

me condamne à n'exposer qu'une suite de déceptions, conséquences inévitables d'un point de départ trop généralisé. En cela on pourra me reprocher d'imiter ces impitoyables zoïles qui ne savent que déverser le venin de leur envie sur les grands hommes ; mais c'est une attribution que je n'accepte pas : dans d'autres occasions il me sera permis de faire apprécier des vues saines, et en dernier résultat, quand on aura compris que je me suis efforcé de peser le bien et le mal, et que la somme du bien l'emporte, on voudra bien alors me supposer d'autres sentiments.

Haüy répondit donc une première fois que les analyses des cristaux spathiques les moins altérés, mettaient hors de doute que dans certaines circonstances, le fer et le manganèse ne soient unis *accidentellement* à la chaux carbonatée même la plus limpide, comme on en a la preuve par le spath d'Islande. Le même mélange a lieu d'une manière plus sensible dans les cristaux du spath perlé et brunissant, qui en contiennent depuis 0,04 jusqu'à 0,20, et cette série, à laquelle de nouvelles analyses fourniraient sans doute de nouveaux termes, aboutit enfin à une substance qui présente encore des formes analogues à celles de la chaux carbonatée, et qui n'est composée que de fer et d'A. carbonique. Ainsi, tout doit porter à croire qu'il existe dans la nature, depuis la chaux carbonatée sans fer et sans manganèse, une succession de nuances ou de passages intermédiaires qui présentent, en proportions variées, la réunion des deux substances, et font dire à l'observateur : « Ici ce n'est plus tel minéral, et ce n'est pas encore celui-là. »

Cette réponse n'était pas de nature à satisfaire complètement les chimistes ; aussi Haüy, sentant l'impuissance de son système, s'avisa ensuite de tourner la difficulté, en recourant à une ancienne hypothèse de Sage et de Romé de l'Isle.

Ce dernier cristallographe avait été frappé, dès l'année 1773,

de la similitude qui existe entre les formes des deux minerais fondamentaux en question ; il avait observé de plus certains échantillons sur lesquels ils se montraient comme soudés ensemble ; de là une association qui le porta à conclure l'existence d'un passage de l'un à l'autre, par suite d'une pseudomorphose ; celle-ci une fois posée en principe, il s'agissait de l'expliquer, et voici à quels moyens alambiqués Romé de l'Isle eut recours.

Des pyrites se vitriolisent ; l'acide sulfurique étendu qui en provient, sert de véhicule à l'oxide de fer, et arrive au contact du calcaire : celui-ci s'altère donc et se décompose sans perdre sa forme spéciale ; mais en se décomposant, il réagit à son tour sur l'A. sulfurique, qui par là se modifie, passe à l'état d'A. carbonique, et donne en dernière analyse naissance au carbonate de fer.

Hâtons-nous d'ajouter que ces transmutations ne heurtaient pas alors le sentiment général aùtant qu'elles pourraient le faire de nos jours ; car les principes fondamentaux de la chimie minérale n'étaient pas encore définitivement arrêtés. L'aperçu de Romé de l'Isle ne fut donc pas rejeté complètement, et le sévère Saussure lui-même n'hésita pas à signaler, entre St-Jean-de-Maurienne et Lans-le-Bourg, des veines de quartz dans lesquelles se trouve du spath calcaire qui *se convertit* par places en mine de fer spathique.

C'est cette théorie que Haüy s'est efforcé de ressusciter, sinon dans ses détails, du moins dans ce qu'elle a d'essentiel, en concevant que le remplacement du calcaire par le fer aurait laissé subsister le mécanisme de la structure cristalline, à peu près comme dans le bois agatifié, on retrouve tous les linéaments de l'organisation du ligneux. Il cita d'ailleurs divers échantillons de sa collection qu'il crut venir à l'appui de ses pseudomorphoses, mais il ne fit pas attention que rien n'est moins concluant que ces mêmes preuves. En effet, l'une

d'elles consiste en un cristal de calcaire pénétré de fer oligiste ; l'autre est déduite d'une masse laminaire de calcaire enveloppée et imbibée de fer peroxidé hydraté ; une troisième repose sur un rhomboèdre équiaxe de fer spathique en décomposition, traversé par des lames de chaux carbonatée pure. Haiüy ajoute à cela que l'hypothèse d'une pseudomorphose est celle qui fournit l'explication la plus naturelle des courbures que présentent la plupart des cristaux de spath brunissant, parce que celles-ci font naître l'idée d'une matière qui a été tourmentée lorsque des molécules étrangères ont été forcées à se loger dans des vacuoles qui n'étaient pas faites pour elles ; enfin, comme on pourrait élever des objections contre l'extension de ces effets à des masses aussi puissantes que celles de certains gîtes, il répond par avance qu'il y a du mystérieux dans tout ce qui tient aux phénomènes pseudomorphiques, et qu'en définitive, la saine raison nous prescrit de donner la préférence à l'hypothèse qui se montre du côté le moins obscur.

A tous ces arguments on peut répondre d'abord que Haiüy s'est montré fort mauvais chimiste, puisqu'il ne tient pas compte de la différence qui existe entre le peroxide (oligiste) et le protoxide qui est le seul dont on ait reconnu l'existence dans les carbonates ; en outre, quoiqu'il ait admis ailleurs l'épigénie du fer carbonaté en fer hydroxidé, il ne sut pas voir que la plupart des exemples précédents rentraient dans ce cas, et par cela même il se montra moins bon observateur que Romé de l'Isle, qui avait déjà saisi, aussi bien que la chose était possible de son temps, l'altération des fers spathiques en oxide ochreux. D'un autre côté, Haiüy ne se souvenait plus qu'en 1801, il avait lui-même combattu le principe de la pseudomorphose par la substitution de l'oxide de fer à la chaux, qui lui aurait cédé son acide carbonique ; il alléguait alors que cet acide a plus d'affinité pour la chaux que pour l'oxide de fer,

et qu'ainsi on ne pouvait pas supposer que celui-ci ait enlevé cet acide à l'autre par une affinité prépondérante. Enfin ce célèbre minéralogiste oubliait encore complètement que la magnésie et le manganèse devaient susciter des difficultés du même ordre que le protoxide de fer, puisque l'une et l'autre de ces bases se rencontrent aussi dans les spaths.

Supposons donc pour un moment qu'il se fût douté de cette objection, et demandons-nous s'il aurait encore eu recours aux pseudomorphoses pour expliquer la formation des calcaires magnésifères et manganésifères. La réponse ne peut guère être qu'affirmative, mais alors Haüy serait tombé naturellement sur les théories de l'imprégnation magnésienne. Si elles lui ont échappé, d'autres les ont proposées pour lui dans un but différent, il est vrai ; cependant cette tendance qui, dès le principe, porte un grand nombre de savants à regarder le spath calcaire comme un corps essentiellement transformable, n'en mérite pas moins de fixer l'attention ; elle constitue un phénomène trop curieux et trop intéressant, sous le point de vue philosophique de la science, pour qu'il ait été permis de ne le point faire ressortir dès à présent. On l'a donc mis en évidence, au risque même de paraître prolix en s'attachant à des minerais de fer, qui, à la rigueur, peuvent être séparés des spaths magnésiens.

Pour épuiser complètement ce qui est relatif à ces discussions, il ne reste plus qu'à ajouter qu'elles ont été résumées par Cuvier, dont les conclusions doivent être ajoutées ici : « Ces sortes de difficultés, ces oppositions apparentes entre « deux branches d'une même science, ou entre deux ma- « nières d'envisager les objets, ne peuvent tenir qu'à quel- « que imperfection dans les principes de l'une ou de l'autre « des deux méthodes, et méritent toute l'attention des amis « de la vérité. Elles finissent ordinairement par la découverte « de quelque nouveau fait général qui concilie tout. » Les conjectures de Cuvier devaient bientôt se réaliser.

TRAVAUX CRISTALLOGRAPHIQUES SUR LES SPATHS.

Discussions provoquées par la goniométrie des spaths.

XIII. L'on vient de voir que la nécessité d'expliquer l'égalité des angles entre la chaux carbonatée et le fer carbonaté, a conduit Romé de l'Isle et Haüy à proposer leur théorie pseudomorphique. Mais cette égalité est-elle bien réelle? Il était au moins permis d'en douter. Déjà Haüy avait rectifié quelques-unes de ses premières données sur les angles de diverses substances; chaque cristallographe admettait des mesures sensiblement différentes à l'égard des cristaux d'une même espèce, et pour ne pas s'écarter du spath d'Islande, on voit :

Bartholin . . assigner à son angle obtus . .	101°— 0'
Newton et Huighens	101°— 52'
Lahire, en 1710 (<i>Mém. de l'Ac. des scien.</i>).	101°— 32'
Romé de l'Isle.	102°— 30'
Capeller	103°— 0'
Bergmann.	101°— 30'
Wollaston	101°— 55'
Haüy	101°— 32'—13''

et pour l'incidence de P sur P', il y a naturellement des différences non moins sensibles, puisque :

Lahire indique	104°— 28'
Haüy, à l'aide du goniomètre d'application.	104°— 28'—40''
Malus, à l'aide du cercle répétiteur.	105°— 5'
Wollaston, en 1802	105°— 5'
Mohs	105°— 5' à 105°— 5' ³ / ₄
Breithaupt	105°— 6'—12''

Ce dernier fait encore observer que les angles de 105°—5' à 105°—5'³/₄ ne sont pas très-fréquents, et que c'est une vraie erreur que de les attribuer à tous les spaths calcaires; plus

de la moitié au moins, et probablement plus des $\frac{2}{3}$ ont des angles de $105^{\circ}-8'$ à $105^{\circ}-8'\frac{3}{4}$.

M. Dufrénoy déclare aussi que l'angle de $105^{\circ}-5'$ n'est pas rigoureusement exact; c'est une moyenne entre toutes les mesures; mais il a trouvé des spaths d'Islande donnant $104^{\circ}-55'$ et d'autres $105^{\circ}-15'$. Il attribue la plupart de ces légères différences, qui se reproduisent dans toutes les substances, à une faible courbure des faces et des lames de clivage.

Lametherie ne pouvait pas laisser échapper l'occasion que lui offraient les plus anciennes de ces déterminations, pour objecter que si on ne parvenait pas à déterminer rigoureusement les angles de la molécule, les données du calcul n'étaient nullement invariables, et que la méthode était loin d'offrir cette certitude mathématique à laquelle on prétendait. D'un autre côté, pour remédier à ces incertitudes, Wollaston inventait en 1812 son goniomètre à réflexion, dont il fit immédiatement l'application à la mesure des angles de divers minerais spathiques auxquels Haüy assignait les mêmes formes. Il obtint trois angles différents, savoir :

Pour le calcaire	$105^{\circ} - 5'$
bitterspath	$106^{\circ} - 15'$
fer spathique	$107^{\circ} - 0'$

Ces résultats, auxquels Wollaston était déjà, en partie du moins, arrivé en 1802, étaient capitaux. La similitude parfaite admise entre les angles des trois espèces n'existait pas; il n'y avait donc plus lieu à les confondre, ni par leurs principes constituants, ni par la forme de leurs molécules. En démontrant que la dolomie n'était pas du calcaire, mais quelque chose de spécial, ils répandaient un intérêt particulier sur les recherches dont elle pouvait être l'objet; et dans tous les cas, les difficultés qui avaient provoqué les théories et les objections précédentes se trouvaient levées.

Cependant l'annonce en fut faite avec une grande modestie, car l'illustre physicien auquel on les devait, les présenta avec le simple espoir d'offrir des documents intéressants pour les cristallographes en général, et d'être particulièrement agréable à Haüy. En effet, dit-il, si un géomètre peut aisément admettre que plusieurs substances affectent une même forme cubique, octaèdre ou dodécaèdre, il ne lui paraîtra point également probable que deux substances différentes aient la forme du rhomboèdre de 103° et quelques minutes, qui ne présente aucun caractère de simplicité ni de régularité géométrique. Il ajoute en outre qu'il regarde comme vraisemblable l'existence de quelque carbonate voisin des précédents, et qui pourra devoir sa forme au manganèse, ou bien encore au carbonate double de fer et de chaux.

Malheureusement ces conclusions, qui venaient si bien à l'appui de la méthode de Haüy, ne furent pas adoptées par celui-là même qui avait le plus grand intérêt à les faire prévaloir. Il eût suffi d'avouer simplement l'erreur commise en assignant pour le rhomboèdre primitif du fer carbonaté une valeur trop petite d'environ 2° ; mais par une étrange aberration, Haüy préféra entacher de suspicion la précision du goniomètre à réflexion, oubliant la grossièreté de son goniomètre d'application, qui au fond n'était qu'un simple *rappor-teur*, dont l'adresse manuelle devait nécessairement compenser les imperfections. En conséquence, il rejeta les différences de Wollaston sur les courbures des cristaux, sur les altérations de niveau, occasionnées par de petites portions de lames demeurées adhérentes aux surfaces de clivage, circonstances qui tendent à faire paraître les inclinaisons plus grandes qu'elles ne le sont en effet. Ses propres opérations ne sont pas entachées de pareilles erreurs, car il a pris tous les moyens convenables pour s'assurer du niveau parfait des faces de ses cristaux. Diverses mesures du spath magnésien du

Tyrol lui ont encore irrévocablement démontré que c'est la forme de la chaux carbonatée qui doit être considérée comme le type géométrique auquel se rapportait le mélange ; le carbonate de magnésie y était donc en quelque sorte étranger , tandis que d'après la mesure de Wollaston , il jouerait le rôle principal. D'un autre côté , un complément de données sur l'identité des deux spaths , lui est fourni par les formes dérivées, qui, étant les mêmes, établissent l'égalité parfaite des angles des deux rhomboèdres ; c'est pour ainsi dire l'unisson qui n'est pas susceptible du plus ou du moins. Enfin il tenta de corroborer tant d'éléments à l'aide de la double réfraction , et pour cela , il se contenta de regarder un cheveu au travers d'une lame de spath magnésien du St-Gothard. Cette expérience si incomplète lui fournit naturellement une double image, qu'il n'hésita pas à regarder comme un indice du type du spath d'Islande , en sorte qu'en définitive , il se crut autorisé à déclarer que ses mesures n'étaient susceptibles d'aucune correction.

Il résulte évidemment de cet exposé que Haiiy ne mentait pas , mais que ses instruments mentaient pour lui ; peut-être encore que sa main, affaiblie par l'âge, ne lui permettait plus d'atteindre à cette précision qui caractérise quelques-unes de ses expériences antérieures ; dans tous les cas, il agissait sous l'influence d'une conviction profonde qui lui était inspirée par de nombreux succès. Plusieurs fois il était parvenu, par la dissemblance des formes cristallines, à séparer ce que ses prédécesseurs avaient confondu ; plusieurs fois encore , il avait forcé les chimistes à reconnaître des compositions identiques là où l'on avait cru voir des différences. Ces réussites multipliées le conduisirent à poser comme une loi générale : que *la même forme cristalline, pourvu qu'elle ne soit pas une forme limite, suppose les mêmes substances réunies dans les mêmes proportions* ; et tout ce qui se trouvait en dehors de ce qu'il

regardait comme constituant le type de l'espèce, résultait pour lui d'une imperfection de l'analyse. Les minéralogistes de son école avaient même établi que toutes les fois que la nature *paraissait se permettre* de confondre diverses substances minérales en leur accordant une forme commune, elle ne manquait jamais de faire ressortir leur différence spécifique, au moyen d'un ou de plusieurs caractères marquants et faciles à mettre en évidence sans le secours de l'analyse chimique. Or, Haüy ayant décidé que ni les angles, ni la double réfraction ne distinguaient le bitterspath du spath d'Islande, l'identité devait exister infailliblement entre les deux espèces.

M. Biot ne tarda pourtant guère à lui opposer quelques faits plus précis. Ce célèbre physicien, après avoir constaté de nouveau la valeur des angles trouvés par Wollaston, jugea aussi à propos d'examiner la double réfraction des deux spaths, par la méthode des coïncidences, laquelle permettait de découvrir les moindres inégalités qui pourraient exister entre eux sous ce rapport. Ses expériences furent faites, d'une part, sur les cristaux d'Islande, et d'autre part, sur ceux du St-Gothard et de Traverselle; il s'assura par leur secours qu'à égalité de circonstances, l'écart des faisceaux réfractés est plus grand de $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{13}$ dans le bitterspath que dans le spath calcaire. Cette différence, qui est même sensible dans des épreuves assez grossières, permit à M. Biot d'annoncer, en premier lieu, que toutes les fois qu'une substance régulièrement cristallisée dans toutes ses parties, offre des éléments chimiques différents de ceux d'un autre quant à leur proportion, elle en diffère aussi par la double réfraction qu'elle exerce; en second lieu, que dans le cas particulier du bitterspath et du calcaire, cette différence de composition correspond à une différence de forme que le goniomètre à réflexion fait apprécier.

Tant de faits devaient paraître suffisamment concluants en faveur de l'établissement d'une espèce spéciale pour la

dolomique ; il n'en fut pourtant pas ainsi : Haüy persista dans son idée du simple mélange mécanique, et continua à reléguer dans un appendice, à la suite de la *chaux carbonatée quarzifère*, du grès de *Fontainebleau*, un minéral qui bientôt après devait jouer en géologie un rôle des plus brillants. A plus forte raison, ne fit-il pas même mention de la *magnésie carbonatée* pure, dont la forme primitive est un rhomboèdre de $107^{\circ}-25'$, et que Stromeyer avait déjà signalée en 1817. Il voulut cependant bien montrer moins de sévérité à l'égard du *manganèse carbonaté*, car de récentes analyses de Klaproth, Descostils et Lampadius, ne lui permettaient plus d'en mettre l'existence en doute. Mais, toujours dominé par son système, il prit encore le soin de ranger dans l'appendice à la chaux carbonatée, toutes les masses régulièrement cristallisées, et de composer l'espèce avec les simples variétés concrétionnées ou subcristallines, chargeant l'avenir du soin d'éclairer l'espèce de mystère que présentent les carbonates métalliques dans cette tendance de leurs molécules à se mouler sur la forme du calcaire.

Le tableau suivant fera connaître l'état actuel de la science sous le point de vue de ces mesures angulaires ; on a cherché, autant que possible, à mettre en regard les unes des autres les classifications qui en sont résultées. Les deux opinions extrêmes sont celles de Breithaupt et de Haüy, l'un ne voulant, dans le fond de sa pensée, qu'une espèce avec les mêmes angles, l'autre voyant, pour ainsi dire, autant d'espèces que d'angles divers. MM. Beudant et Mohs représentent l'opinion moyenne, en différant cependant sur le nombre des coupures ; je crois que plusieurs de celles de M. Mohs sont acceptables, mais des dénominations moins barbares viendraient bien à propos pour appuyer son système.

ESPÈCES DE BEUDANT ET DUFRENOY.	ESPÈCES DE MOUS.	ESPÈCES DE BREITHAAPT.	SYNONYMES DIVERS.
Calcaire. Ch. carbonat. 105°—5'	Kalkhaloïde rhomboédrique 105°—5'	C. archigoniuss... 105° 0'52''	Spath calcaire.
		C. parvicus..... 105- 3-33	Spath calcaire.
		C. eugnosticus... 105- 6-15	Spath d'Islande.
		C. diamesus..... 105- 8-51	Spath calcaire.
		C. meroxenus... 105-11-38	Spath calc. Prunnerit.
		C. haplotypicus.. 105-13-45	Spath calcaire.
		C. melleus 105-17-38	Meliner-karbonspath.
		C. diastaticus 105-43- 0?	Moyenne entre les Sp. calc. et brunissants.
Dolomie. 106—15.	Kalkhaloïde paratome. 106—12.	C. paratomus 106-11-17	Ankérît.
		C. eumetricus... 106-11-17	Dolomie.
	Kalkhaloïde makrotype. 106—15.	C. tautoclinus.... 106-11-17	Spath brunissant.
		C. dimerus 106-16-15	Miémité.
		C. isometricus... 106-19- 9	Tharandit.
	C. crypticus 106-19- 9	Sp. bruniss. Sp. perlé.	
Diallogite. Manganèse carbonaté. 107—20.	Parachros-ba- ryte makrotype 106—51.	C. rosans 106-52-19	C. de mang. de Frei- berg et Sp. bruniss.
		Parachros-ba- ryte isométriq. 107—0.	C. manganosus... 107- 0-41
Sidérose. Fer carbonat. 107—0. 107—3. 107—4.	Parachros-ba- ryte brachytype 107—0.		C. oligus..... 107- 3-39
		C. ferrosus 107- 0-41	Fer spathique.
	Parachros-ba- ryte rhomboéd. 107—14.	C. mesitinus 107-14-41	Mésitinspath.
Giobertite. Magnésie carbonatée. 107—25.	Kalkhaloïde brachytype. 107—22.	C. allotropus..... 107-11-33	Magnésitspath.
		C. brachytypicus. 107-25-58	Breunerit, Gelspath, Eisentalspath.
		C. hystaticus 107-28-47	Magnésitspa., Talcsp.

L'étude de ce tableau y fait découvrir deux séries principales, l'une commençant par le carbonites archigoniuss, et finissant au carbonites crypticus, et l'autre commençant avec le carbonites rosans, et finissant au carbonites hystaticus; la différence entre l'une et l'autre s'élève à environ 33'. D'autres solutions de continuité subsidiaires se remarquent encore dans les deux grands groupes précédents, et elles ont motivé les classifications de MM. Beudant et Dufrenoy,

en y adjoignant toutefois quelques autres considérations qui seront détaillées plus loin.

M. Dufrénoy regarde d'ailleurs les autres divergences comme de simples oscillations naturelles. « Toutes les per-
« sonnes, dit-il, qui ont pris des angles savent que bien ra-
« rement on retombe, en mesurant à plusieurs reprises le
« même cristal, sur des angles complètement identiques ; à
« plus forte raison doit-il exister quelque variation pour des
« cristaux différents. Ces variations sont souvent le résultat
« de déformations par des causes physiques, telle que la cha-
« leur que les cristaux ont pu éprouver postérieurement à
« leur formation. »

A ces observations, M. Breithaupt peut répondre que, pendant treize années, il a effectué environ 3,000 mesures angulaires des rhomboèdres primitifs de ces spaths ; qu'il a donc eu largement le temps de se familiariser avec les causes d'incertitude, et que ce n'est qu'à la suite de cet immense travail qu'il a été conduit à établir les nombreuses espèces qui précèdent.

Il est de fait que ces 3,000 mesures angulaires offrent quelque chose de comparable à certaines opérations astronomiques, ou aux plus délicates mensurations de la physique actuelle. On ne peut par conséquent pas négliger des résultats obtenus avec une si infatigable persévérance ; ce sont autant de jalons pour de nouvelles découvertes. Mais en avançant cette opinion, il faut aussi la compléter, autrement on pourrait croire que nous supposons un prochain renversement de la belle loi de Romé de l'Isle sur la constance des angles. Celle-ci servira toujours de fondement à la cristallographie, de même que la loi de Mariotte subsistera malgré les exceptions, entre certaines limites variables d'un gaz à l'autre avec la température, qu'elle a pu manifester entre les mains habiles de MM. Desprets, Régnault, etc. Les lois de Kepler

représentent en grand le mouvement des astres ; Newton a pu s'en servir pour fonder l'astronomie mathématique , et cependant combien d'irrégularités dans les mouvements orbitaires , quand on les examine en détail . Chacun sait qu'il n'y a pour ainsi dire rien d'absolu en dehors du monde idéal des mathématiques , et si dans la science on s'arrêtait aux modifications dont les lois générales sont susceptibles , il n'y aurait plus de progrès ; on se priverait en pure perte des centres autour desquels se disposent les particularités de détail . Ne déprécions donc en aucune manière ni les lois générales , ni les cas particuliers qu'elles présentent ; les uns comme les autres sont des biens chèrement acquis , et par cela même d'un prix infini .

Théorie de l'isomorphisme .

XIV. Une récapitulation succincte des débats précédents , fait voir que les spaths effervescents diffèrent les uns des autres , par la valeur de leurs angles , par leur double réfraction et par leur composition chimique .

Cependant ces différences exercent sur le résultat général de la cristallisation une influence assez peu appréciable pour que les formes des divers spaths aient pu être considérées comme parfaitement identiques avant l'invention du goniomètre à réflexion . Il se présentait donc là un nouveau phénomène , qui devait nécessairement fixer tôt ou tard l'attention , et ce phénomène est celui de l'isomorphisme .

Depuis long-temps , il faut le dire , les esprits clairvoyants en avaient le sentiment . Quand M. Berthier , en 1806 , eut fait l'analyse de son spath limpide de Pesey (n° 18) , dans lequel se trouvaient combinés des éléments qui se rencontrent quelquefois isolés dans la nature , il en tira la conclusion capitale que les carbonates en question peuvent se réunir en proportions variées dans les minerais ; qu'ainsi , il n'est pas étonnant

de trouver des fers spathiques magnésifères sans manganèse, d'autres mélangés seulement de manganèse sans chaux ni magnésie, et ainsi de suite. On le voit donc, quelques mots de plus, et il énonçait le principe. Dans tous les cas, il avait été devancé par Werner, qui s'était exprimé d'une manière encore plus nette en 1775, et voici à quelle occasion (voir le *Bergmännisches-Journal*).

L'apatite était confondue avec l'émeraude, à cause de l'analogie de la forme, et malgré la dissemblance des caractères physiques. Werner examina donc la substance sous le point de vue chimique, et il y reconnut l'existence de la chaux; mais il fut embarrassé par l'acide. Ce ne pouvait être l'A. tunstique, ni aucun des autres acides métalliques; il mit aussi de côté les acides sulfurique et muriatique, en sorte qu'il lui restait en définitive l'A. phosphorique, qu'on pouvait y soupçonner avec une grande vraisemblance. « En effet cet acide, « dit-il, existe dans le règne minéral; par exemple, dans la « mine de plomb verte; de plus il semble se décèler ici par « la forte phosphorescence de l'apatite sur le charbon: un « éclat plus vif, une plus grande dureté et une plus grande « densité que pour le carbonate de chaux, me confirment « dans ce soupçon. Enfin l'A. phosphorique est un de ceux « qui dans les combinaisons terreuses cèdent à l'A. nitrique. « *J'ai encore une raison qui me porte à cette idée, et que je « ne puis passer sous silence: c'est que la mine de plomb « verte cristallise aussi en prismes hexaèdres, à arêtes tron- « quées en tout ou en partie. Peut-être découvrirons-nous « avec le temps quelques rapports entre certaines formes cris- « tallines, et certaines compositions ou parties constituantes, « notamment les acides. J'admets donc comme presque cer- « taine la présence de l'A. phosphorique dans l'apatite. »*

Eh bien! Klaproth ne tarda pas à démontrer combien le soupçon de Werner était fondé, car ses moyens précis lui

permirent de mettre en évidence cet acide, dont Werner pouvait simplement conjecturer l'existence. Mais aussi combien n'est-elle pas admirable cette puissance du génie qui prévoit la composition d'un corps par le principe de l'isomorphisme près d'un demi-siècle avant qu'un autre homme de génie ne l'ait fait admettre dans la science ! Combien cet exemple ne fait-il pas regretter que Werner n'ait presque jamais confié au papier les éclairs qui jaillissaient de sa pensée pendant le cours de ses brillantes improvisations. Sans doute ses élèves ont beaucoup recueilli ; mais quelle énorme différence entre le maître auquel de profondes connaissances donnent le presentiment et l'auditeur qui, n'acceptant que ce qu'il peut comprendre, laisse de côté tout ce qui dépasse son intelligence naissante ! et pourtant quels auditeurs ! de Buch, Humboldt, Mohs, de Charpentier, Brochant, d'Aubuisson, Freiesleben, Brocchi, etc., ne sont-ils pas sortis de son école, pénétrés de cette soif de la science à laquelle nous sommes redevables de tant de progrès ? Certes si un seul d'entre eux eût saisi la portée des paroles du maître, la cause de la complication des spaths était comprise, et nous n'aurions pas eu à subir les interminables débats dont nous venons de résumer les points capitaux.

Cependant il est juste d'avouer que tout n'était pas préparé pour la parfaite compréhension de la question. Les travaux de Proust et de Dalton n'avaient pas encore établi le principe des proportions définies, qui permettait de tirer tout le parti possible des analyses, et Berzélius n'avait pas non plus démontré que les combinaisons de la nature sont formées d'après les mêmes lois que celles des laboratoires. Ce dernier résultat donnait le moyen de multiplier les comparaisons géométriques, tandis que la philosophie atomistique recevait des proportions fixes, diverses vues mécaniques relatives à l'arrangement moléculaire des corps, et par suite sur leur cristallisation.

C'est donc en se laissant guider par les unes et en s'aidant des autres, que M. Mitscherlich conçut la possibilité de résoudre le problème suivant :

Différents éléments combinés avec le même nombre d'atomes d'un ou de plusieurs autres éléments ont-ils la même forme cristalline ? L'identité de la forme cristalline n'est-elle déterminée que par le nombre des atomes ? Cette forme est-elle indépendante de la nature chimique des éléments ?

La solution de ce problème occupa ce savant pendant le cours des années 1818 à 1823, quoiqu'il fût quelquefois secondé par M. G. Rose, de Berlin. A la suite de ces longs travaux, il énonça positivement le principe de l'identité de la forme cristalline chez plusieurs substances chimiquement différentes ; ainsi que celui du rapport de cette même forme avec le nombre des atomes élémentaires contenus dans les cristaux. Les corps composés du même nombre d'atomes, combinés de la même manière, se présentèrent dès lors à lui comme doués des mêmes formes, et naturellement il en fut de même pour les divers carbonates de chaux, de fer, de magnésic, de manganèse, ainsi que pour leurs mélanges divers.

Il établit en outre, d'une manière définitive, que les corps dont les formes cristallines sont différentes ne se combinent qu'en proportions fixes, et qu'au contraire, les corps dont la forme cristalline est la même peuvent cristalliser ensemble en quelque proportion que ce soit. Cette nouvelle circonstance rendait donc raison des substitutions ou des mélanges si nombreux et si complexes des mêmes carbonates.

Enfin, pour désigner d'un seul mot les éléments susceptibles de se remplacer ainsi en tout ou en partie dans un même cristal, il proposa la dénomination de *corps isomorphes* ; c'est-à-dire que les molécules constituantes de nos divers spaths effervescents sont isomorphes entre elles.

Les résultats nouveaux ont pour effet ordinaire de contrarier des habitudes acquises, ils demeurent du moins incompris pendant quelque temps; ils provoquent par conséquent une opposition, et l'on ne doit pas s'étonner de celle que suscitèrent des propositions si essentiellement différentes des maximes de l'école de Haüy.

Un des élèves de ce célèbre minéralogiste commença l'attaque en faisant connaître les sentiments du maître, qui, du reste, ne demeura pas long-temps sans se déclarer ouvertement. Mais, et nous en avons déjà eu la preuve, il n'avait pas le sens de la chimie; la plupart de ses argumentations furent même assez malheureusement choisies pour produire sur les juges compétents l'effet inverse de ce qu'il attendait. C'est ainsi qu'il crut avoir tiré un puissant secours des disparates qui existent entre les formes des phosphates de chaux, de fer, de cuivre et de manganèse; ou bien entre celles des chlorures naturels de sodium, de fer, de cuivre, d'argent et du sel ammoniac, comme si la plupart de ces corps dont les compositions atomistiques sont si essentiellement différentes, étaient le moins du monde propres à rentrer dans les lois de M. Mitscherlich; il en fut de même pour divers sels des laboratoires, dans lesquels l'eau entrainait en proportions très-variées. Aussi M. Mitscherlich n'eut rien à répondre, puisqu'il se trouvait parfaitement en dehors du terrain sur lequel Haüy portait la discussion.

Il était réservé à M. Beudant de porter des coups plus sûrs à la nouvelle théorie. « Elle est inexacte, dit-il, parce qu'il
 « n'y a pas identité entre les formes cristallines des divers
 « carbonates, ainsi que cela a été démontré par les mesures
 « de Wollaston; il y a simplement analogie, et cela est déjà
 « un phénomène assez important lorsqu'on le compare à l'i-
 « dentité qui existe entre les proportions chimiques. » Ce rappel de la question sur ses véritables bases ne pouvait man-

quer de produire son effet. M. Mitscherlich rectifia donc aussitôt ce qu'il y avait de trop absolu dans son premier énoncé; il adopta les angles de Wollaston, tandis qu'il avait d'abord pris pour point de départ ceux de Haüy, et il laissa à des recherches postérieures le soin de nous enseigner de quelle manière la loi générale de l'isomorphisme sera modifiée par la petite différence qui se trouve entre les angles. Par suite de cet amendement, la forme et l'égalité des angles des substances isomorphes n'étant plus que des choses approximatives, M. Miller proposa de donner le nom de *plésiomorphes* à ces corps voisins les uns des autres, mais auxquels il manque une identité parfaite dans leurs dimensions angulaires; ce nouveau nom n'ajoutait rien à la science, car il suffit de s'entendre sur le degré de précision à attribuer à certaines expressions; aussi ne fut-il pas généralement adopté.

En dernière analyse, l'isomorphisme modifia les anciennes idées sur l'identité de composition; de matérielle, celle-ci devint idéale; une formule exprimant certaines relations entre les éléments électro-négatifs et électro-positifs, s'applique à un cristal, quels que soient les acides et les bases qui s'y rencontrent, pourvu toutefois qu'ils satisfassent aux conditions exigées, et les principes de Haüy demeurent encore acceptables, en perdant simplement quelque chose de ce qui les rendait trop absolus.

Application de la théorie de l'isomorphisme à la classification des spaths.

XV. Haüy mourut pendant le cours des discussions qui amenèrent dans la minéralogie l'introduction des principes de l'isomorphisme et du calcul atomistique. Sa mort fut le signal d'une révolution. Il avait accompli sa noble et grande tâche en épurant la science, en la dépouillant de son ancienne confusion; le génie et le prestige des mathématiques avaient sou-

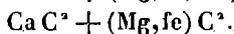
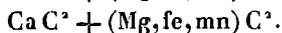
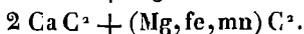
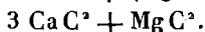
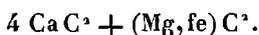
tenu ses efforts et grossi le rang de ses partisans. Cependant il emportait avec lui ce frein puissant à l'aide duquel il contenait depuis si long-temps les minéralogistes ; sa puissance expira avec lui. Dès qu'il eût disparu, les esprits, jusqu'alors comprimés, se livrèrent à une expansion outrée. Les deux grandes sectes qui, depuis Linné et Cronstedt, s'étaient partagé le domaine de la science, élevèrent plus haut que jamais leurs étendards, sur lesquels étaient inscrits ces mots : *Caractères physiques*, *Caractères chimiques*. Mohs, Breithaupt, Necker, se posèrent comme chefs de la première, Berzélius et Beudant comme chefs de la seconde, et la foule exagéra naturellement les vues des maîtres. Chaque analyse, bonne ou mauvaise, de nature à offrir quelque prise à une formule atomique, quelque ridicule qu'elle fût par sa complication, devint un motif suffisant pour constituer une espèce ; chaque légère variation dans un caractère quelconque, donna lieu à la création d'un nom nouveau. Et pourquoi se serait-on abstenu ? Le régulateur suprême n'était plus ; on voulait jouir de la liberté, et au point où en étaient les esprits, elle dégénéra naturellement en licence.

Ces exagérations furent cependant moins permises en France que partout ailleurs, car la modération que Haüy avait infusée dans les esprits continuait à y prévaloir. On regarda simplement comme difficile de savoir dans quel cas les associations isomorphes constituent des espèces déterminées ou bien de simples mélanges, et il y a loin de ceci à cette tendance qui pousse à former des espèces pour chaque légère modification. A cet égard, les vues de M. Beudant sont, entre autres, fort judicieuses, et méritent d'être rapportées ici.

« On admettra *espèce*, dit-il, toutes les fois qu'il y aura
 « constance et simplicité de rapports, et au contraire, on
 « adoptera qu'il y a mélange toutes les fois qu'on ne trouvera
 « ni cette constance ni cette simplicité. Ainsi, on fera une

« espèce distincte du double carbonate de chaux et de ma-
 « gnésie dans lequel on trouve constamment 1 atome du pre-
 « mier à 1 atome du second ; peut-être même devra-t-on faire
 « d'autres espèces de diverses réunions de ces deux corps ou
 « de quelques autres qui sont isomorphes , dans lesquelles on
 « trouve 2 atomes de carbonate de chaux à 1 atome de carbo-
 « nate de magnésie , quelquefois en partie remplacé par des
 « carbonates de manganèse et de fer ; au contraire , on devra
 « regarder comme des mélanges les réunions qui ne présen-
 « tent aucune constance dans les divers échantillons et dans
 « lesquels les rapports sont plus compliqués , tels que 3 ato-
 « mes de carbonate de chaux , 5 atomes de carbonate de fer ,
 « 13 atomes de carbonate de manganèse , et beaucoup d'au-
 « tres qui varient à l'infini.... Telle est la seule manière de
 « sortir de l'embarras que présente la question proposée. »

Quelques détails plus circonstanciés sur la marche suivie
 par nos divers minéralogistes à l'égard de l'établissement
 de l'espèce dolomie , étant de nature à jeter encore plus de
 jour sur les principes adoptés , on va les exposer , et pour
 cela il convient de récapituler d'abord les formules fournies
 par les analyses des spaths les plus voisins.

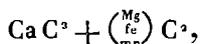


Ces formules conduisent à plusieurs conclusions.

Elles indiquent d'abord des compositions très-variées , et
 l'on voit en outre que les variations ont surtout pour résultat de
 substituer au carbonate de magnésie de petites proportions de
 carbonates de fer et de manganèse. La raison de cette préfé-
 rence se conçoit facilement dès à présent ; en effet , l'isomor-

phisme est plus complet entre ces trois derniers sels qu'il ne l'est par rapport au carbonate de chaux, et pour s'en convaincre, il suffit de jeter un coup-d'œil sur les mesures d'angles des rhomboèdres primitifs.

Secondement, si au lieu d'aligner ainsi les résultats du calcul, sans avoir égard à la rareté des substances qu'ils représentent, on recherche au contraire ceux qui se reproduisent le plus fréquemment, on tombe sur les composés très-simples exprimés par la relation :



c'est-à-dire sur ceux qui contiennent 1 atome de chaux carbonatée pour 1 atome de magnésie carbonatée, cette dernière base étant d'ailleurs, comme de coutume, sujette à être remplacée par de petites quantités de fer et de manganèse. Il est par conséquent permis de considérer la dernière formule comme représentant la constitution des dolomies proprement dites, et par suite on relèguera les composés différents dans la catégorie des mélanges accidentels.

Cependant, et d'après une juste remarque de M. Beudant, la tendance au mélange en toute proportion de ces mêmes carbonates rendant la supposition sujette à contestation, celle-ci doit être appuyée sur quelques faits. A cette occasion, notre célèbre minéralogiste fait l'observation que toutes les combinaisons qui donnent le rapport simple, $\text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$, ont la propriété de se dissoudre à froid dans les acides, d'une manière lente et sans effervescence sensible, tandis que toutes celles dans lesquelles le carbonate de chaux domine, débute par la production d'une effervescence vive, qui se modère en quelques instants et devient ensuite très-faible. Il semble donc naturel d'en déduire l'existence d'une combinaison déterminée, douée de propriétés particulières, et avec laquelle une certaine quantité de carbonate de chaux peut se mélanger mécaniquement.

M. Dufrénoy étend ses conclusions encore plus loin, en se basant sur diverses autres considérations, qu'il faut encore détailler à cause de leur importance.

Il part d'abord de l'idée que la nature n'opère pas toujours des purifications complètes par la cristallisation, parce qu'elle ne reprend pas les cristaux un grand nombre de fois comme le font les chimistes quand ils veulent obtenir un corps d'une constitution irréprochable. De là résulte comme conséquence que les cristaux ne sont souvent autre chose que des sortes de magmas, dont les caractères extérieurs peuvent varier à l'infini et donner lieu à des anomalies. Celles-ci seront d'ailleurs simplement apparentes, car elles ne portent pas atteinte à la forme primitive, qui est constante, en sorte qu'on devra nécessairement trouver parmi ces produits un certain nombre de types bien définis par leurs angles.

Mais quand les remplacements s'effectuent par des doses assez considérables, les caractères extérieurs du calcaire sont un peu altérés; c'est alors que l'on a les variétés particulières qui ont été décrites sous les noms de *chaux-carbonatée magnésienne*, *ferrifère* et *ferro-manganésifère*, variétés qui sont, du reste, moins nombreuses que ne le croyait Haiiy, car la plupart ont été rangées depuis dans les classes du fer ou du manganèse carbonatés.

Ceci posé, et partant d'ailleurs des résultats de M. Breithaupt, le savant professeur conclut que l'on en doit diviser l'ensemble en trois groupes, dont le premier, composé des cristaux de 105° à $105^{\circ}-43'$, appartient exclusivement à la *chaux carbonatée*; le second, comprenant tous les cristaux de $106^{\circ}-11'$ à $106^{\circ}-19'$, embrasse le groupe *dolomie*; enfin le troisième, dont les angles varient de $106^{\circ}-52'$ à $107^{\circ}-28'$, réunit à la fois les *carbonates de magnésie*, *de fer*, *de manganèse* et *de chaux*.

C'est ainsi qu'il arrive à arrêter une espèce de *dolomie*,

constituée par 1 atome de carbonate de chaux uni à 1 atome de carbonate de magnésie, parce qu'elle diffère du *calcaire* par les deux caractères spécifiques des minéraux, la forme et la composition. A cette espèce il réunit l'*ankerit*, quoique la somme des oxides de fer et de manganèse dépasse en général la dose de magnésie. Les dolomies à excès de calcaire sont au contraire de simples *calcaires magnésiens*, parce que dans leur traitement par un acide, ils commencent par produire une effervescence vive mais momentanée, et après laquelle la dissolution ne marche plus que d'une manière lente.

Portant ensuite ses simplifications sur les autres spaths, il admet l'espèce *magnésie carbonatée*, dans laquelle il range la *breunerite* du Tyrol et du Hartz, parce qu'elle cristallise en rhomboèdre, dont l'angle est de $107^{\circ}-30'$; ce qui l'identifie complètement avec la *magnésie carbonatée*, dont l'angle est de $107^{\circ}-27'$.

De même, l'espèce *fer carbonaté* comprendra d'abord le *mésitinspath*, dont M. Breithaupt avait voulu faire une *dolomie ferrique*, à cause de sa composition $MgC^2 + FeC^2$; puis l'*oligonspath*, dont la formule est $3 FeC^2 + 2 mnC^2$.

Il n'y a donc presque rien de changé à la classification de Haüy, car les mots *variétés* ou *espèce douteuse*, sont bien près d'être équivalents. On remarquera en outre que les arrangements précédents ont exclu du nombre des espèces les *spaths brunissants*, mais les minéralogistes maintiendront toujours une expression simple et caractéristique; je proposerais de même la conservation de l'ancien *spath jaunissant*, car dans l'arrangement de ma collection, il m'a paru offrir l'avantage de permettre le classement d'un assez grand nombre d'échantillons de diverses localités, que j'eusse été mal venu de qualifier de l'épithète de *brunissant*, à l'aspect de la belle teinte jaune de leurs surfaces. Si d'ailleurs l'on veut résumer l'ensemble de toutes ces considérations, on peut dire que la

dolomie peut être considérée comme placée au centre d'une famille dont les extrêmes sont le *fer spathique*, le *calcaire*, le *diallogite* et la *giobertite*, et dont les intermédiaires sont représentés par les composés isomorphes, plus ou moins complexes, précédemment énumérés.

Dans tous les cas, les classifications étant des instruments que chacun approprie à sa main, on doit s'attendre à voir surgir de nouveaux débats sur la question des spaths effervescents. M. Breithaupt ou ses élèves abandonneront-ils facilement un arrangement déduit de plus de 3,000 mesures d'angles effectuées dans des conditions choisies? Les chimistes reprendront probablement aussi leurs analyses, en tenant mieux compte qu'ils ne l'ont fait jusqu'à présent de leurs rapports avec les mesures angulaires et avec les autres manières d'être des minerais. Les moyens d'étude ne sont non plus définitivement arrêtés; on ne s'est douté de l'existence de la magnésie qu'en 1710; elle n'a été quelque chose de réellement connu qu'à dater de 1755; il n'y a guère qu'un demi-siècle qu'on possède une analyse sérieuse de la dolomie; les angles des divers spaths n'ont été soumis à des mensurations exactes que depuis trente-cinq ans; enfin, trente années seulement se sont écoulées sur les questions de l'isomorphisme et du calcul atomistique. C'est trop peu pour un sujet complexe. Mais aussi ne perdons pas de vue que la science est heureusement engagée dans deux voies parallèles, celle des *caractères chimiques* et celle des *caractères extérieurs*, et félicitons-nous de voir l'attention se concentrer sur des points de vue si divers, parce que c'est ainsi que s'enfantent ces aperçus, qui, d'intervalles en intervalles, transforment les théorèmes vieillissés, et dissipent la mortelle langueur dans laquelle ils maintenaient la science.

Des formes cristallines des spaths effervescents.

XVI. Les chimistes ont joué un rôle capital dans la plupart des questions précédentes, parce qu'il fallait avant tout spécifier la composition des corps dont s'occupaient les minéralogistes. L'ordre naturel exigeait donc, qu'à l'exposé des recherches analytiques proprement dites, on fît succéder immédiatement celui des discussions qui ont introduit dans la science les idées sur l'isomorphisme des carbonates divers. En procédant autrement, on eût déterminé une scission trop prononcée entre des études que tout liait intimement entre elles ; mais aussi l'on a été conduit en quelque sorte à faire des abstractions, en ne considérant que ce qu'il y a de plus simple dans la forme des spaths effervescents.

Il s'agit actuellement d'établir de quelle manière on a été amené à envisager les configurations les plus complexes de ces cristaux ; les spéculations géométriques doivent donc, pour un moment du moins, fixer à leur tour notre attention, et comme leur admission dans la minéralogie n'eut lieu qu'après de très-vives contestations, quelques détails au sujet des difficultés qu'on éleva, ne seront pas superflus dans un sujet essentiellement historique.

On a déjà fait entrevoir le degré d'importance que Linné avait attribué aux formes cristallines (page 14). Un caractère quelconque lui avait été nécessaire pour le guider au milieu de la multiplicité des objets que la nature lui offrait dans le règne minéral et pour pouvoir les ranger dans un certain ordre. Il fut donc conduit à découvrir ce caractère dans les formes, et il sut le discerner jusque dans des modifications très-compliquées. C'est donc à lui qu'on doit les premières notions un peu précises sur ces figures. En s'assurant jusqu'à un certain point de ce qu'elles avaient de constant et d'uniforme pour des espèces données, il prouva qu'elles offraient un bon moyen

de détermination, et cet avantage lui permit de s'en servir dès l'année 1736, pour l'établissement de sa classification. Romé de l'Isle en fit ensuite l'objet d'études plus complètes et sur lesquelles nous reviendrons bientôt.

Ces premières tentatives furent combattues ou traitées avec dédain, même par des hommes éminents, mais dont la perspicacité avait été déroutée par la variété étonnante des formes de certaines substances et spécialement du calcaire. C'est ainsi qu'on voit Cronstedt regarder l'exacte observation des cristaux comme servant davantage à satisfaire la curiosité qu'à procurer de l'utilité. Lehmann déclarait qu'ils ne peuvent conduire à aucun principe dans l'histoire naturelle des corps souterrains, et que par conséquent les recherches géométriques dont ils pouvaient être l'objet, ne sont point d'une grande importance dans la minéralogie et dans la métallurgie. D'un autre côté, Bergmann, trompé par l'inconstance apparente des cristaux d'une même substance, s'écriait : *Si igitur hæc, inter externas notas sine dubio principalis, adeò est lubrica, qu'il valebunt reliquæ? Et quo successu talibus totam mineralogiam superstruere licebit?* (DE FORMIS CRIST. PRÆSERTIM A SPATHO ORTIS. Opus. 11, pag. 10, 1773.)

Buffon (1783) se livra à des critiques du même genre :
 « On a prétendu, dit-il, que la cristallisation en rhombes
 « était le caractère spécifique du spath calcaire, sans faire
 « attention que certaines matières vitreuses ou métalliques et
 « sans mélange de substances calcaires, sont cristallisées de
 « même en rhombes, et que d'ailleurs, quoique le spath cal-
 « caire semble affecter de préférence la figure rhomboïdale,
 « il prend aussi des formes très-différentes; et nos cristallo-
 « graphes, en voulant emprunter des géomètres la manière
 « dont un rhombe peut devenir un octaèdre, une pyramide,
 « ou même une lentille (parce qu'il se trouve du spath lenti-
 « culaire), n'ont fait que substituer des combinaisons idéales

« aux faits réels de la nature. Il en est de cette cristallisation
 « en rhombes comme de toutes les autres. Aucune ne fera
 « jamais un caractère spécifique, parce que toutes varient
 « pour ainsi dire à l'infini, et que non-seulement il n'y a
 « guère de formes de cristallisation qui ne soient communes
 « à plusieurs substances de nature différente, mais que réciproquement il y a peu de substances de même nature qui
 « n'offrent différentes formes de cristallisation; témoin la
 « prodigieuse variété de formes des spaths calcaires eux-mêmes. En sorte qu'il serait plus que précaire d'établir des
 « différences ou des ressemblances réelles et essentielles par
 « ce caractère variable et presque accidentel. »

Ces clameurs effrayèrent probablement Linné, auquel ses autres occupations et peut-être aussi l'affaiblissement de sa mémoire ne permettait plus de rentrer dans la lice. Il comprenait aussi qu'il s'était montré trop absolu quand il avait déclaré que la *forme seule* était un caractère spécifique pour distinguer les espèces minérales, et par-dessus tout, il se voyait débordé par les travaux chimiques des Wallerius, Justi, Swab, Vogel et Cronstedt. Il se retira donc en déclarant modestement que la minéralogie dont il avait pendant un temps fait l'objet de ses prédilections, ne lui rapporterait pas de grands honneurs : *Mineralogia cristas mihi non eriget!* Mais tout en cédant, il sut montrer la grandeur de son beau caractère; loin de se laisser aller aux inspirations d'une basse jalousie, il témoigna la plus grande admiration pour les travaux de ses émules qui, inspirés, dit-il, par un souffle divin, avaient communiqué au monde savant leurs observations faites avec des peines infinies sur le sommet des montagnes, comme dans les abîmes de la terre. Il dévoila même à cette occasion l'anonyme que gardait Cronstedt (page 10), en paraphrasant pour lui les paroles bibliques d'Isaac : *C'est la voix de Swab, la main de Cronstedt*; accumulant ainsi de la manière la plus

heureuse sur la gloire de ce dernier la gloire de l'autre. Enfin il sut encourager Romé de l'Isle en lui écrivant ces paroles qui resteront à jamais comme le plus frappant témoignage de la loyauté scientifique de celui-ci et de la justice de son devancier : *Inter opera hoc sæculo elaborata mineralogica, certè cristallographia tua primaria est. Testatur acerrimum tuum ingenium, observationum numerum immensum, lectionem stupendam et tamen quod rarum est animum in me mitissimum.*

On vient de le voir, Linné laissa derrière lui un homme qui sut sanctionner ses aperçus en les débarrassant de ce qu'ils offraient d'inutile, et il lui restera toujours la gloire, bien grande, d'avoir ouvert à la science une voie nouvelle. Il comptait encore un petit nombre d'autres défenseurs, parmi lesquels il faut ranger le métallurgiste Grignon, dont l'esprit philosophique justifiait de la manière suivante l'importance que l'on doit attacher à l'étude des cristaux. « Il n'est rien dans la nature qui ne se caractérise par une forme essentielle, individuelle, sur laquelle le hasard n'a aucun empire. Chaque être a une figure déterminée, caractéristique, qui, de concert avec la qualité de la substance et aussi invariable qu'elle, détermine sa propriété. La figure procède de l'essence de la substance, et de la figure, jointe à l'essence, procède la propriété de cette substance. Elles ont reçu l'existence dans le même instant ; car la matière ne peut pas exister sans forme, et la matière douée d'une forme a eu dès le premier instant une propriété. »

Que l'on compare maintenant ce langage si net, si précis, à la diffusion à laquelle s'était laissé aller Buffon, et déjà l'on verra de quel côté était la vérité. Mais il fallait aborder le fond même de la question, en établissant que toutes les prétendues complications dont les cristaux sont chargés, peuvent se déduire les unes des autres d'une manière très-sim-

ple. Comme on l'a déjà donné à entendre , ce fut Romé de l'Isle qui accomplit cette tâche, et qui par là assit définitivement la cristallographie dans le domaine de la minéralogie, de même que la chimie y avait été implantée par Croustedt.

Pénétré des paroles de l'auteur du livre de la Sagesse : *Omnia in mensurâ et pondere et numero deposuisti*, il entreprit son immense travail sur la cristallographie. Après avoir soumis à un examen rigoureux une nombreuse série de polyèdres cristallins, tant naturels qu'artificiels, il reconnut dans tous ceux qui se rapportent à des substances analogues ou identiques, une forme qu'il appela primitive, et qui dans chaque espèce est constante, régulière, parfaite, excepté dans le cas accidentel où quelques causes perturbatrices auraient dérangé le rapprochement des molécules intégrantes.

Il établit en outre que cette forme primitive est sujette à se montrer chargée de *troncatures* et de *surtroncatures* ou *facettes* plus ou moins multipliées, qui la font passer à des formes *subordonnées* ou *secondaires*.

Mais au milieu de ces variations sans nombre, produites par les troncatures, il est une chose qui ne varie point, c'est l'*angle d'incidence* ou l'*inclinaison respective des faces entre elles*. Cette incidence des faces est donc vraiment caractéristique, puisqu'elle est toujours la même dans chaque espèce, sans que les dimensions très-variables des faces, sans que les nouveaux angles produits par les troncatures, et sans que la multiplicité de ces troncatures ou facettes subordonnées puissent y apporter aucun changement. De là, la nécessité de mesurer les angles.

Enfin, il entrevit la symétrie des formes cristallines, et il en tira cette conclusion, que tout cristal dont le prisme n'offre qu'une seule pyramide, en offrirait une seconde à l'autre extrémité si elle n'était pas engagée dans la base du

groupe ; c'est-à-dire que de la présence d'une pyramide , l'autre peut se conclure.

Ainsi donc , *existence d'une forme fondamentale , modification par des troncatures , constance des angles et symétrie* , voilà les caractères bien simples et les moyens vraiment grands et philosophiques à l'aide desquels Romé de l'Isle est parvenu à ramener à quelques formes premières toutes les formes complexes , à démontrer un enchaînement suivi dans l'œuvre de la nature , et par conséquent à jeter le plus grand intérêt sur la cristallographie.

Mais ces résultats avaient contre eux le préjugé , la méfiance même qu'inspire toute nouveauté ; aussi ne furent-ils pas acceptés sans opposition ; on en a déjà eu des preuves ; mais d'autres savants , les Daubenton , les Monnet , les Rozier , allaient encore répétant partout : On trouve une quantité étonnante de cristaux dont la figure est des plus bizarres , et qui varient par l'irrégularité de la cristallisation ou par les matières qu'ils renferment. Ce sont de purs effets du hasard , qui peuvent être occasionnés d'une infinité de manières. On peut obtenir le tartre vitriolé sous plus de cinquante formes différentes ; il en est de même de chacun des sels que l'on fait cristalliser , et qui prend des façons quelconques dans les vaisseaux contrairement à la volonté de l'artiste. Et ces savants portaient de là pour rejeter l'idée de la constance d'un type chez les cristaux ; ils soutenaient leur indifférence pour renier l'importance de la science qui devait les faire connaître. Ils reprochaient encore à Romé de l'Isle , l'expression de *troncature* , en disant que la nature ne tronque point.

Romé de l'Isle en fut donc réduit à réfuter ces injustes attaques. Les *cristallogastes* (brise-cristaux) s'imaginent , dit-il , avoir fait une grande découverte , en nous annonçant que la nature ne tronque point. Je ne prétends point que la nature retranche quelque chose sur un cube pour en faire un oc-

taèdre. Quoiqu'il paraisse que cela peut arriver pour les substances salines solubles, il ne peut guère en être de même pour les matières pierreuses. Dans ce cas, le passage d'une forme à l'autre suppose une simple différence de composition des molécules intégrantes, et par conséquent des propriétés différentes dans les cristaux qui sont le produit de leur agrégation. Ce n'est donc qu'une dispute de mots. Celui dont je me sers exprime seulement l'apparence sous laquelle ce cristal s'offre à nos yeux, et j'emploie une expression très-connue pour désigner une opération qui est encore pour nous le mystère le plus impénétrable.

A d'autres il répétait que si, au lieu de fronder ses œuvres, ses adversaires s'étaient donné la peine de les étudier, ils se fussent bientôt aperçus que toutes ces formes complexes du tartre vitriolé, de même que celles du cristal de roche, ou de tout autre corps, dérivent très-facilement de formes plus simples. Mais c'était précisément cette peine qu'ils ne voulaient pas prendre, tandis que lui, loin de redouter la critique, il la sollicitait avec instance, non qu'il pût avoir la prétention d'avoir tout vu, tout décrit, tout approfondi, mais parce qu'il était le premier à sentir combien de découvertes il restait à faire.

Il cherchait encore à faire comprendre qu'il n'est pas plus étonnant de voir la nature imprimer une *forme constante*, quoique variable, jusqu'à un certain point, à un sel, à une pierre, à un minéral, à un métal même, que de lui voir donner une *saveur déterminée* à celles de ces substances qui sont solubles dans l'eau, et à toutes une *dureté* ainsi qu'une *densité* qui sont les mêmes dans chaque espèce, aux légères différences près que peut y apporter le mélange de molécules hétérogènes qui s'y rencontrent souvent interposées. Il ajoutait à cela que, si la dureté et la pesanteur spécifique sont des caractères constants dans les cristaux, la forme polyèdre qu'affectent ces

mêmes cristaux, n'est pas moins constante dans chaque espèce. Faisant ressortir ailleurs les applications futures de la science qu'il avait tant perfectionnée, il montrait la cristallographie de concert avec la minéralogie, menant à des idées générales sur la théorie de la terre, dont aucun système ne rendra raison si les cristaux ne sont pas la base de ce système et son plus ferme appui.

En dernière analyse, Romé de l'Isle eut le malheur de ne point rencontrer dans ses opposants cette noble générosité que Linné avait montrée à l'égard des siens; Daubenton avait défendu de prononcer son nom, et l'homme de génie se vit à la fin de ses jours réduit à une faible pension de 400 francs, que Louis XVI, instruit de sa triste position, lui assigna sur sa cassette; il ne jouit même pas long-temps de ce bienfait, et il expira dans une chambre voisine d'un grenier peu après avoir jeté ce dernier cri : « Enfin, je crois n'avoir
« rien épargné de ce qui pouvait contribuer à étendre parmi
« nous le goût d'une science exacte qui manquait aux décou-
« vertes dont s'honore le XVIII^e siècle.... Heureux si, sans
« fortune et presque au moment de perdre la vue par l'assi-
« duité du travail et de l'observation, il me reste au moins
« la douce satisfaction de pouvoir dire avec Horace :

« Exegi monumentum ære perennius;

« Non omnis moriar. »

Comme cela est arrivé pour tant d'autres grands hommes, le jour de la justice ne tarda pas à luire après sa mort. Le comte de Bournon décerna à Romé de l'Isle le titre de *Père de la cristallographie*; on dit *les lois de Romé de l'Isle* comme on dit *les lois de Kepler*; et maintenant il est déclaré que les travaux de Haüy, combinés avec les siens, ont fait de la cristallographie une science toute nationale, une science toute française.

Les détails qui précèdent ont déjà dû faire comprendre que

le calcaire a été le principal objet qu'avaient en vue les adversaires de Romé de l'Isle. Ses formes sont effectivement si variées, si nombreuses et si complexes, qu'elles lui ont valu la qualification de *Protée du règne minéral*; il devient donc intéressant de suivre les progrès successifs de leur détermination. Les relevés faits à ce sujet nous apprennent que si l'on fait abstraction des groupements cristallins en roses, en crêtes de coq, etc., Linné n'en comptait que dix-sept en 1768, et encore il est évident qu'il confondait avec le calcaire des espèces bien différentes, telles que l'aragonite, qui était son *spathum chrysolithinum*, et le fluorure de calcium, qu'il a désigné sous le nom de *spathum cubicum*, *cristallis perfecte cubicis*. Romé de l'Isle, en 1783, avait poussé à trente le nombre de ces formes; Haüy était arrivé au total de cent cinquante-quatre en 1822. M. le comte de Bournon, auquel on doit une monographie de cette espèce, en a décrit à peu près huit cents; enfin, d'après M. Beudant, on était parvenu vers 1832, à en faire connaître jusqu'à quatorze cents environ.

Comment indiquer toutes ces manières d'être si diversifiées. Les anciens n'avaient pour cela que les expressions comparatives de cristal en *canon*, en *tête de clou*, en *dent de chien*, en *dent de cochon*, etc., empruntées au vocabulaire trivial des mineurs. Linné pouvait encore se contenter de dire: *Spathum rhombeum*, *marginibus duobus oppositis truncatis*; ou bien: *spathum dodecaedrum ex pentagonis conflatum*; soit encore: *spathum pyramidum apicibus truncatis*; les mots *acaulon* (sans tige), ou de *caulescens* (montant en tige), lui suffisaient d'ailleurs pour indiquer l'absence ou l'existence du prisme. Mais la précision de Romé de l'Isle ne comportait déjà plus cette simplicité d'expression. Pour démontrer jusqu'à quel point les modifications commençaient à échapper à la description, il suffira de donner ici une phrase à l'aide de laquelle il décrivait une variété encore assez simple: *Spath*

prismatique hexaèdre à plans pentagones, terminé par des pyramides trièdres obtuses, à plans pentagones alternativement opposés sur chaque pyramide, et qui forment par leur rencontre avec les pentagones du prisme un angle obtus de 117°.

Il y avait déjà là de quoi effrayer : aussi Haüy, sentant le besoin de la simplification, comme l'insuffisance du langage, et guidé d'ailleurs par sa théorie des décroissements dont il sera question plus tard, fut amené à traduire dans une langue très-abrégée, analogue à celle de l'algèbre, l'énoncé des diverses lois qui déterminent les cristaux secondaires. Il imagina donc de construire des espèces de formules, des notations symboliques, ou des signes représentatifs donnant l'idée la plus nette de la position des faces secondaires sur les faces primitives, et sa méthode est encore adoptée malgré les changements que MM. Weiss et Mohs ont cherché à y introduire.

Pendant les minéralogistes ne sont pas tous des mathématiciens ; la plupart n'ont pas la prétention de savoir lire ces signes, et à plus forte raison sont-ils fort éloignés de savoir les écrire. C'est ce qu'avait fort bien compris Werner, lorsqu'il chercha le moyen de dépeindre les cristaux d'une manière suffisante pour la pratique ordinaire. Il fit en conséquence la remarque, que si toutes les formes d'un minéral peuvent être déduites d'une forme simple et primitive, à l'aide de troncatures, de bisellements ou de pointements, il n'en existe pas moins dans les dérivés secondaires certaines *formes dominantes* ou *principales*, souvent très-éloignées en apparence les unes des autres, autour desquelles on peut ranger des séries de formes qu'on pourrait appeler tertiaires. Il donna donc à ces formes dominantes le nom de *formes fondamentales* (*grundgestalt*), et celles-ci, devenant à leur tour comme autant de centres autour desquels les autres venaient se grouper, il lui suffisait d'en indiquer autant que possible les

modifications distinctives qui tendent à les élargir, à les surbaisser ou à les élancer.

Cette méthode fut suivie par Karsten, dans son catalogue du musée de Leske ; elle fut aussi adoptée par M. Brochant, qui, pour le calcaire, s'arrêta définitivement aux types suivants, savoir : les *rhomboèdres*, les *prismes hexagonaux*, les *métastatiques* et les *dodécaèdres triangulaires isoscèles* ou *bi-rhomboèdres*. Mais ce retour à la simplicité linnéenne faisait retomber aussi dans son principal inconvénient, qui est le défaut de précision. Il a donc paru convenable de ne donner des noms particuliers qu'à chaque facette différente, et quant aux cristaux composés de plusieurs modifications réunies, on en désigne les diverses parties. M. Dufrenoy dépeint, par exemple, le *bi-binaire* de Haüy à l'aide de la phrase suivante : *Prisme à six faces, surmonté du métastatique ordinaire, et terminé par le rhomboèdre primitif*. De cette manière, il analyse en quelque sorte un cristal, et il trouve le grand avantage de rendre compte de leurs formes les plus variées ; cependant cette méthode, excellente dans un traité spécial, ramène aux longueurs des descriptions de Romé de l'Isle, et l'on peut aisément se figurer ce qui arriverait s'il s'agissait, par exemple, d'indiquer les cristaux des divers minerais qui existent dans un filon ; les descriptions deviendraient souvent interminables.

Romé de l'Isle, comprenant la portée de ce défaut, avait tenté d'y porter remède à l'aide de figures donnant toutes les formes connues de son temps, et ce moyen fut perfectionné par Haüy, non-seulement sous le point de vue graphique, mais encore par l'application de dénominations caractéristiques et généralement remarquables par leur justesse comme par leur harmonie. Cependant ces améliorations n'ont pas été suffisamment goûtées ; quelques minéralogistes de notre époque regardent même la description de toutes ces formes du calcaire, comme

apportant beaucoup de difficultés à l'étude de la minéralogie, sans utilité réelle, attendu que l'on peut découvrir encore des combinaisons autres que celles déjà décrites. Si cet argument était admis, il renfermerait la critique la plus amère des travaux des cristallographes. Mais à qui persuader ainsi que les Romé, Werner, Haiiy, Brochant, Bournon, Weiss, Rose, Lewy, Mohs et autres, ont consacré leurs veilles à des études chimériques? N'est-il pas plus consolant de penser que ces hommes ont cherché à nous faire connaître l'alphabet d'une langue qu'il s'agit actuellement de comprendre. De même que les Young et les Champollion ont opéré à l'égard des hiéroglyphes de Thèbes et de Memphis, qui nous retracent les faits et gestes des antiques dynasties égyptiennes, de même les cristallographes se sont occupés des caractères qui contribueront à nous initier à l'histoire de la terre, et leur œuvre consciencieuse doit porter ses fruits.

D'un autre côté, pourquoi les minéralogistes craindraient-ils d'imiter les botanistes? Ils sont loin des quatre-vingt-dix mille espèces de ceux-ci, qui pourtant ne succombent pas sous le faix des noms. Pourquoi encore les géologues accueillent-ils avec tant d'empressement les figures et les noms des milliers de céphalopodes mis en évidence par les paléontologistes, tandis qu'ils se refuseraient à accepter les dénominations données par les cristallographes? Si l'on envisage les choses d'une autre manière, on arrive à comprendre que les trésors de science de deux ou trois hommes, ne composent pas à eux seuls la richesse de la géologie; elle se trouve aussi dans la somme des moyens mis à la disposition de tous les géologues. Ceux-ci sont souvent privés du loisir nécessaire pour combiner des formules, mais ils sont du moins capables d'appliquer à propos un nom à une figure déterminée; ils peuvent ainsi produire un progrès; ce progrès sera d'autant plus rapide qu'il sera fait un plus grand nombre de ces applica-

tions en un temps donné , et l'on saisira bientôt tout ce qui reste à faire à l'égard des spaths sous ce rapport.

Recherches sur les causes des modifications des formes cristallines et applications géologiques.

XVII. Pendant la lutte entre les cristallographes et les cristallographes, et surtout après le triomphe des derniers, les chimistes s'occupèrent de la détermination des influences qui provoquent les modifications des formes cristallines; c'était en effet un des plus importants problèmes de la philosophie minéralogique. Aux aperçus vagues et rudimentaires de Rouelle en 1744, succédèrent ceux de Monnet, Bergmann, Baumé et du duc de Chaulnes; la sagacité des Leblanc, Daniell et Beudant s'est encore exercée sur le même sujet, soit qu'ils aient procédé d'une manière directe, en faisant cristalliser les corps dans des circonstances déterminées, soit qu'ils aient travaillé en sens inverse, en effectuant la dissolution, ou autrement dit la *dissection* des masses cristallines.

Cependant les résultats de ces manipulations ne se laissent pas toujours appliquer avec certitude aux phénomènes géologiques. Quoiqu'elles aient été variées de la manière la plus ingénieuse, ces opérations ont toutes été faites par la voie humide, tandis que tout nous autorise à penser que la nature a aussi opéré par la voie sèche; il doit donc paraître téméraire de voir conclure des données obtenues sous l'une des conditions aux effets qui ont été produits sous l'autre. Mais en y réfléchissant, on arrive à comprendre qu'en vertu de l'invariabilité des propriétés fondamentales de la matière, les phénomènes peuvent être comparables entre eux, quels que soient les moyens mis en usage, et qu'en définitive, il est permis de s'aventurer dans l'exposé de certains détails, comme

s'il ne s'agissait que d'un seul et même procédé, pourvu que les effets soient du même ordre.

Une autre lacune existe entre les opérations du laboratoire et celles de la nature. En général, les chimistes se sont placés dans des situations assez simples; la géologie au contraire présente quelquefois des complications très-grandes, surtout dans ses cristallisations plutoniques. Il en est résulté, dans ce dernier cas, que plusieurs cristaux de corps très-différents se sont développés simultanément sans que pour cela la concentration cristalline ait été moins parfaite; il est arrivé de plus que de deux matières en voie de développement, l'une a souvent pris l'apparence d'un corps qui aurait servi de *support solide* à l'autre; c'est ce qu'on pourrait croire du moins à n'en juger que par le résultat final, tandis que les considérations déduites de la liquéfaction ignée, portent à supposer qu'ils ont été tous deux dans un état quelconque de mollesse. Cela étant, on doit encore se demander si les conclusions tirées de la manière d'être des surfaces solides des vases dans la cristallisation par voie humide, sont encore applicables au cas actuel. La réponse ne paraît pas devoir être affirmative; cependant les résultats définitifs étant, comme on l'a dit, identiques de part et d'autre, on n'hésitera pas à effectuer les rapprochements, quitte à avoir prévenu une fois pour toutes de ces incertitudes. En un mot, les déductions suivantes seront basées sur les conditions présentes de la science; à l'avenir on fera mieux.

Ajoutons encore une dernière considération. Le plus grand nombre des formes accusées par les cristallographes appartenant à la chaux carbonatée proprement dite, cette substance doit être excessivement impressionnable par diverses causes extérieures. En d'autres termes, elle constitue évidemment un réactif d'une extrême sensibilité et par cela même très-précieux pour déceler la foule des actions subsidiaires qui sont

intervenues dans l'acte de la cristallisation. Il convient donc encore de prendre ce corps pour point de départ ; l'appréciation du rôle de la magnésie et des autres éléments des spaths effervescents n'en sera que plus facile.

Ceci posé , passons à la discussion des causes reconnues comme capables de déterminer des changements dans la forme cristalline. Un premier examen fait croire qu'on peut les distinguer en *causes mécaniques* et en *causes chimiques* ; mais la démarcation précise entre les unes et les autres , n'étant pas plus facile à établir dans l'œuvre de la cristallisation que dans toutes les autres circonstances où les actions moléculaires sont en jeu , on s'en tiendra de préférence à une filiation du simple au composé , en mettant au premier rang *le repos , l'espace et le temps* , comme le voulait Linné. On traitera ensuite des mélanges ou interpositions de matières inertes , de la position du cristal vers les parties supérieures ou inférieures des vases , de l'état et de la nature des parois , du degré de saturation acide ou basique de l'eau-mère ; enfin l'on terminera par le rôle que jouent les bases étrangères qui entrent dans la combinaison cristalline.

Il n'y a pas lieu à s'arrêter longuement sur les premières de ces conditions , car l'on conçoit parfaitement qu'une œuvre troublée , accélérée et privée d'un espace suffisamment développé dans tous les sens , ne peut produire que des rudiments ou embryons cristallins , que des parties confusément enchevêtrées les unes dans les autres en forme de masses saccharoïdes , que des figures imparfaites , oblitérées , dont il ne doit pas être fait mention en ce moment.

L'interposition d'une matière inerte produit l'effet très-remarquable de régulariser les formes , de manière à les rapprocher de leur état de perfection , et cette manifestation , qui a déjà frappé Dolomieu , est très-générale , car elle a été observée à l'égard de divers minerais , tels que : le quartz prismé

hématoïde ; l'émeraude du Pérou colorée par le chrome ; le plomb molybdaté rendu rouge par une surcharge de chromate de plomb ; la pyrite arsenicale cobaltifère ; le feldspath *imitatif* et l'axinite *équivalent* chloritifères des Alpes. Elle se reproduit à l'égard du calcaire. Sa variété *métastatique* du St-Gothard, qui est chargée de chlorite, est d'une belle régularité. Il est rare encore de trouver le rhomboèdre *inverse*, avec les dimensions et le degré de fini qu'il présente dans le grès de Fontainebleau, où il empâte les deux tiers environ de son poids de sable siliceux. Haüy a cherché à expliquer cet effet ; il suppose pour cela que dans des circonstances données, les molécules du corps qui est en voie de cristallisation se rapprochent en général avec trop de vitesse pour pouvoir produire un corps d'une harmonie parfaite. Mais si des parties étrangères interviennent de manière que les obstacles provoqués par leur inertie s'ajoutent à la force du dissolvant, cette tendance impétueuse des molécules les unes vers les autres se trouve modérée, et la régularisation du cristal en est la conséquence.

L'influence de l'état et de la nature des parois rentre évidemment dans les effets généraux déterminés par les surfaces, lesquels peuvent être réunis aux phénomènes catalytiques. Ce sont eux qui jouent un si grand rôle dans les phénomènes de la capillarité, des éponges charbonneuses ou métalliques et des pointes ou autres aspérités, en un mot, dans tous les cas où les superficies prennent la plus grande extension possible. J'ai d'ailleurs fait voir, dans un précédent Mémoire, que les arêtes d'un cristal jouent le rôle de ces mêmes saillies, en appelant la matière cristallisable de préférence autour d'elles, de manière à déterminer la formation des *cristaux à faces creuses*, et j'en ai cité un exemple pris dans les prismes du calcaire. Parmi les autres phéno-



mènes résultants de cette influence, je crois pouvoir ranger entre autres les tables biselées si minces et si larges de la variété *basée*, provenant de la troncature très-profonde des deux sommets de rhomboèdre primitif. En effet, ces tables se montrent dans les Alpes de l'Oisans, du Valais et, dit-on, jusqu'au Priesterstock, dans le canton d'Uri, toujours liées à la byssolite ou à la chlorite, et en association avec le feldspath *primitif* et le quartz hyalin. Pour prendre de l'épaisseur, l'espace ne leur manquait pas plus qu'il n'a manqué au feldspath ou au quartz; on trouve même jusqu'à trois ou quatre de ces tables étagées parallèlement les unes au-dessus des autres, avec des intervalles de 3 à 10 millimètres; d'autres se rencontrent sous différents angles, laissant entre elles de larges recoins, et toutes adhèrent par une de leurs tranches à un schiste chloriteux. Si l'on se demande la cause de leur singulière extension, on est porté à la trouver dans les fibres de la byssolite. Celles-ci, par leur situation perpendiculaire, par leur rapprochement extrême et par l'égalité de leurs dimensions, constituent une sorte de tapis de velours sur lequel reposent les lames calcaires, et dont les milliers de pointes en ont guidé la substance sans y pénétrer bien profondément, faute d'une affinité suffisante. Cette circonstance paraît surtout évidente dans les tables placées les unes au-dessus des autres sans aucune matière intermédiaire autre que la même byssolite; il semble que chaque fois un nouveau tapis ait reproduit les mêmes conditions, et dans les cas où cette sorte de support velouté vient à manquer, c'est la chlorite écailleuse qui paraît avoir rempli une fonction équivalente en pénétrant quelque peu dans l'épaisseur du calcaire; mais alors le parallélisme précédent n'existe plus. On fera encore observer que la formation en question doit être considérée comme plutonique, puisque la même chlorite pénètre dans le feldspath, dans le quartz aussi bien que dans le calcaire; on se trouve par conséquent dans

le cas indiqué précédemment, d'un corps qui aurait paru servir de support solide à l'autre, tandis qu'ils étaient probablement tous deux à l'état de mollesse.

La position du cristal vers le haut ou le bas des vases suffit, d'après les expériences de M. Beudant, pour déterminer l'extension du cristal dans certains sens; les facettes demeurant, du reste, les mêmes, les modifications se borneraient à déterminer une irrégularité du cristal. On peut faire rentrer dans ce cas les changements qui se manifestent dans les filons de la Saxe et du Harz, puisque les cristaux calcaires qui se montrent si volumineux et si abondants dans les étages supérieurs de ces gîtes, n'existent point dans la profondeur où ils sont oblitérés et effacés. Il convient cependant de rappeler ici que M. Leblanc n'envisage pas les phénomènes d'une manière aussi simple. Cet habile expérimentateur, ayant observé que pendant la durée de la cristallisation, il s'établissait dans l'eau-mère des courants ascendants et descendants de liqueur à divers titres, imagina de fixer des embryons à différents niveaux, dans un vase suffisamment élevé et rempli d'une dissolution portée au degré de concentration convenable. Il en résulta d'abord que tous les *élèves* prirent de l'accroissement; mais celui-ci était d'autant plus rapide qu'ils se trouvaient placés plus bas. En second lieu, les formes des cristaux se trouvèrent modifiées de diverses manières, suivant que les prismes étaient couchés sur le flanc ou posés verticalement. Ces phénomènes artificiels se lient encore évidemment à ceux qui ont été mentionnés précédemment pour les étages cristallifères des filons, puisque l'on peut concevoir que c'est par suite du trop grand agrandissement des cristaux que les géodes de la profondeur ont été remplies, de manière à ce qu'il y ait eu dégénérescence en masses cristallines. Il faut observer en outre que, dans cette hypothèse, les liqueurs n'étant plus de part et d'autre au même état de saturation, les

effets se présentent sous un point de vue plus essentiellement chimique, de sorte qu'ils peuvent se rattacher de préférence aux causes qui vont suivre.

La nature acide ou basique de l'eau-mère, ou son état de neutralité, sont sans contredit les causes les plus infaillibles d'un changement de forme. Depuis long-temps Baumé avait fait voir comment on peut, à volonté, obtenir de l'alun cubique en saturant un alun octaédrique, d'alumine ou de son isomorphe l'oxide de fer. MM. Leblanc et Bendant se sont aussi occupés de la question, et ils ont varié singulièrement la composition des liquides dans un sens ou dans l'autre. Il en est résulté que la prédominance de l'acide tend très-souvent à multiplier le nombre des facettes; celui-ci semble donc agir dans ce cas à la manière des dissolvants quelconques, qui commencent en général par abattre les parties les plus tranchantes ou les plus aiguës des cristaux soumis à leur influence dissectrice. Cependant l'effet contraire arrive aussi quelquefois, c'est-à-dire que c'est dans le cas d'un excès de base que les troncatures et les surtroncatures se multiplient, et l'on peut se demander si alors le sel légèrement basique ne jouerait pas à son tour le rôle d'un dissolvant.

Pour appliquer actuellement ces résultats d'expérience à la géologie, il sera permis de supposer, jusqu'à preuve du contraire, que le spath d'Islande ne doit sa forme éminemment simple, qu'à un état de saturation suffisamment parfait des liquides, joint à l'inertie des argiles au milieu desquelles il se développe, de manière à atteindre des dimensions considérables; en effet, M. Hausmann en a vu au musée de Copenhague des cristaux complets dont la grande diagonale a jusqu'à 0^m33 de longueur, et dont les arêtes sont tout au plus légèrement biselées. Un degré de saturation moins complet serait déjà accusé par la forme *inverse* que le calcaire prend au milieu des sables siliceux, des grès tertiaires de Fontaine-

bleau, de Bergerac et de Bayonne; dans le grès bigarré de Waldshut (Bade); dans la craie du bassin de Paris; dans le muschelkalk de Wiesloch (Bade), et dans divers calcaires d'Auerbach, de Bristol et de Breackwater. Enfin, ce serait sous l'influence de causes dissolvantes encore plus énergiques que se seraient introduites la variété *contractée* dans les grès keuperiens de Donaueschingen (Bade), et la variété *métastatique* dans les cavités du muschelkalk de Wiesloch (Bade), dans les druses quarzeuses du grès bigarré de Waldshut (Bade), et dans les fentes du nagefluhe de St-Saphorin (Valais).

D'autres phénomènes, bien plus essentiellement dignes de remarque, sont ceux qui concernent les relations réciproques de ces sels à petit excès de base ou d'acide, auxquels M. Leblanc a eu l'heureuse idée de donner le nom de *sels surcomposés*, pour les distinguer des *sous-sels* ou des *sels acides* proprement dits. En effet, ces sels surcomposés sont d'abord susceptibles de se superposer, de manière à ce que pour l'alun, par exemple, un cristal cubique ou à excès de base, introduit dans un liquide alunifère à excès d'acide, continue à s'agrandir avec la forme octaédrique. Ces mêmes sels surcomposés peuvent aussi se combiner en cristallisant simultanément, de telle sorte qu'une liqueur chargée d'alun octaèdre et d'alun cubique, produit un cubo-octaèdre; bien plus, ces cubo-octaèdres repris par l'eau et cristallisés de nouveau, se séparent, dans certains cas, en cristaux cubiques et octaédriques. De là un ensemble de faits qui, comme le dit M. Beudant, explique comment il peut arriver que la même dissolution donne des formes différentes, aux différentes époques du développement cristallin. Il fait voir aussi que les cristaux où l'on reconnaît des traces de plusieurs formes particulières, résultent de l'agglomération de diverses combinaisons des mêmes principes réunis en proportions légèrement différentes, et dont chacune

par son isolement donnerait la forme complète dont le cristal en question ne présente que des traces. Ainsi, pour les calcaires, il y a non-seulement des rhomboèdres, des métastatiques et des prismes divers, mais encore toutes ces formes simples peuvent être considérées comme se combinant entre elles de différentes manières; le *prismatique* s'unit à l'*équiaxe*; il peut être surmonté par les faces du *métastatique*, dont le sommet est remplacé par le rhomboèdre *primitif*, etc.; et de toutes ces combinaisons deux à deux, trois à trois, etc., il résulte le nombre considérable des cristaux plus ou moins compliqués collectés par les cristallographes.

Chacune des formes susdites étant séparable d'après ce qui précède, on peut concevoir des cas où cette séparation a eu lieu dans le même milieu, soit immédiatement, soit en vertu de sa persistance à l'état de mollesse quand il s'agit d'une formation plutonique. Il est donc permis d'expliquer ainsi certaines juxtapositions et associations de spaths calcaires, qui, malgré leurs configurations diverses, se seraient développés dans un intervalle déterminé, et non pendant une succession d'époques différentes, caractérisées chacune par l'affluence d'une eau-mère ou d'un magma spécial.

Cette dernière considération n'est pas sans importance sous le point de vue qui nous occupe, et pour la mettre dans tout son jour, citons quelques exemples, en commençant par des formations d'origine aqueuse incontestable.

Parmi ceux-ci, la variété *analogique* paraît exister seule dans les vides laissés par les fossiles du coral-rag du département de l'Aube; de même la variété *équiaxe* est spéciale aux grès tertiaires dits cristallisés de Fontainebleau, de Bergerac et de Bayonne. On pourrait donc être tenté de supposer une certaine généralité à ces effets, et admettre qu'une formation sédimentaire bien arrêtée, n'est susceptible que de présenter une seule forme, à cause de la simplicité des causes,

qui ont présidé à son développement. Mais on serait bientôt ramené à une autre manière de voir par les géodes de l'oolithe inférieure ou calcaire jaune de Couzon (Rhône), où se trouvent réunis l'*équiaxe*, l'*inverse*, l'*unitaire*, le *prismé*, le *complexe*, l'*analeptique* et l'*inverso-émarginé*. Faudra-t-il maintenant, à cause de cette agglomération dans ce qu'on peut regarder comme une même assise, accumuler la complication des grandes causes géologiques ? Évidemment non, parce que cette multiplicité des formes se justifie encore bien plus facilement par des influences moléculaires très-minimes.

Il en est de même pour les filons. Dans ceux du Hartz, où domine la forme *prismatique*, on trouve aussi les variétés *équivalente*, *bisunitaire*, *analogique*, *contractée*, *dodécaèdre*, *péridodécaèdre*, *cuboïde*, *inverse*, *unitaire*, *équiaxe* et *mixte*. Dans les gîtes métallifères du Derbyshire, qui sont caractérisés par le type *métastatique* avec ses modifications *binnaire* et *bisalterne*, on rencontre l'*inverse*, le *mixte*, l'*unitaire*, le *prismé*, le *dodécaèdre* et l'*analogique*. Enfin ceux des Chalanches présentent la réunion des formes non moins disparates du *bisalterne*, du *bisunitaire*, de l'*équivalent*, du *prismé*, du *péridocaèdre*, du *basé* et de l'*équiaxe*. Cependant il ne s'ensuivra pas que ces gîtes auront été constitués à diverses reprises, mais il faudra des faits d'un tout autre ordre pour légitimer une pareille conclusion. En général, à mesure que les connaissances positives feront des progrès, on sera davantage porté à viser à une légitime simplicité dans les théories, en rejetant les interminables séries admises trop facilement par quelques géologues. On ne regardera plus comme nécessaire de faire intervenir sources sur sources, secousses sur secousses, périodes sur périodes, afin d'expliquer des troncatures ou d'autres effets aussi faciles à concevoir ; l'on saura enfin poser de justes bornes à cette ardeur intempestive qui porte certains hommes à invoquer

sans cesse des bouleversements du globe pour les petits arrangements qui ont provoqué l'état actuel d'un filon, d'un amas ou de toute autre masse aussi exigüe que l'on voudra imaginer.

Influence des bases isomorphes sur les formes des spaths.

XVIII. Dans le paragraphe qui précède, on a indiqué la présence des bases isomorphes comme étant une cause de changement dans la forme des cristaux ; il s'agit actuellement de reconnaître le sens de leur action sur les spaths. Or, une minime attention est suffisante pour s'assurer de leur tendance à produire des simplifications ; mais pour procéder avec ordre, il convient de récapituler d'abord ce qui leur appartient en propre ; les résultats de leurs combinaisons viendront ensuite. Le recensement en question sera d'ailleurs fait principalement d'après les indications de Häüy et de M. Dufrénoy.

Le carbonate de magnésie ne s'est jusqu'à présent montré que sous deux formes, savoir : 1^o celle du *rhomboèdre primitif*, fig. 1, qui se présente dans les schistes chloriteux de Traverselle et de Schellgaden ; et 2^o celle de la variété *bis-septimale*, fig. 15, en rhomboèdre allongé portant les indications du *primitif*, et terminé par une base assez large ; celle-ci se trouve dans les gypses du Salzbourg, et elle est fortement colorée en noir par du bitume.

Le carbonate de fer existe sous les formes suivantes : *Primitif*, fig. 1. *Equiaxe*, fig. 2. *Inverse*, fig. 3. *Contrastant*, fig. 4. *Mixte*, fig. 5. *Unitaire*, fig. 6. *Dihéxaèdre*, fig. 7. *Basé*, fig. 8. *Acrogène*, fig. 9. *Prismatique*, fig. 11. *Homonome*, fig. 12. *Cristaux très-aplatis* par une large base, formés des faces du primitif et de l'équiaxe, fig. 13. *Même forme*, dans laquelle existent en outre les faces du prisme, fig. 14. Ces trois derniers sont rares, et les seules formes un peu fréquentes sont le *primitif*, l'*équiaxe* et le *prismatique*.

Le carbonate de manganèse présente habituellement le *primitif*, fig. 1, et l'*équiaxe*, fig. 2. On connaît également le *mixte*, fig. 5 ; le *prismatique*, fig. 11, et le *métastatique*, fig. 16.

En résumé, quinze formes sont le produit des recherches des cristallographes sur les carbonates considérés comme étant à peu près simples ; le plus grand nombre appartient au fer carbonaté, le moindre à la magnésie carbonatée. Cette circonstance peut être fortuite et tenir uniquement à la rareté des gisements de ce minerai ; cependant, en y regardant de plus près, on arrive à croire que celui-ci est, par sa nature même, moins apte que le calcaire à se plier à la variété des configurations. La qualité de la magnésie, sous ce rapport, s'est en effet manifestée dans les expériences de M. Beudant, qui, compliquant divers sels par l'addition de bases étrangères, a trouvé que le sulfate d'ammoniaque et de magnésien affecte des formes plus simples lorsque la terre alcaline devient prépondérante. De même, pour le sulfate de potasse magnésien, le prisme rhomboïdal oblique de la forme primitive s'obtient toutes les fois que la dose du sulfate de magnésie l'emporte sur son associé. Si c'est au contraire ce dernier qui prédomine, les prismes sont modifiés sur les angles aigus, et pour les proportions intermédiaires, il se produit encore diverses modifications sur les arêtes et sur les angles.

D'après cela, il n'y a rien qui doive surprendre, quand on voit la dolomie affecter la forme primitive, fig. 1, dans les filons de Traverselle, de Pesey, de Vialas, à côté des calcaires *métastatiques*, *dodécaèdres*, *prismés*, *équivalents*, *analogiques* et *épointés*, qui ont été reconnus dans les mêmes gîtes. M. de Buch a même signalé la rareté du calcaire sous la forme *primitive*, et M. Dufrénoy déclare en outre que la plupart des échantillons de Haüy ne sont autre chose que des dolomies, tout en faisant observer cependant que les cristaux

de cette substance pourraient être plus variés qu'on ne le pense, et que la difficulté de la distinguer serait la cause principale du petit nombre des formes que l'on voit dans les collections.

M. de Buch, s'étayant d'ailleurs sur un grand nombre de gisements, tels que ceux de Cobourg, de Santa-Agatha près de Trente, de Fassa, du Feigenstein près de Nassarcith, considère de plus cette forme primitive si habituelle dans les fentes et dans les cavernosités de la dolomie en roche, comme étant un de ses caractères les plus prononcés. Elle est même devenue pour lui un moyen tellement précis de détermination que *des cristaux d'une autre forme prouveraient l'absence de la magnésie dans la masse entière*. Je ferai cependant observer, en passant, qu'un calcaire métastatique fig. 16, remarquable par la perfection de ses traits, a été découvert par M. Lardy, dans les dolomies du St-Gothard, où il est mêlé de chlorite. La circonstance est, du reste, un peu plus fréquente qu'on ne pouvait le supposer autrefois; mais le résultat de cette généralisation étant de nature à être mieux compris quand on traitera des minerais associés aux roches dolomitiques, on ajournera jusque-là toute discussion à cet égard; il suffit pour le moment de savoir que ces cas particuliers réduisent de fort peu l'importance du caractère posé par l'illustre géologue, si on le restreint toutefois aux seules applications minéralogiques.

En revenant actuellement aux autres formes des dolomies, on voit que Haüy reconnaissait déjà les variétés, *primitive*, fig. 1. *Unitaire*, fig. 18, en petits cristaux d'un vert jaunâtre constituant la miémitte de quelques minéralogistes. *Épointée*, fig. 17, réunissant à la fois le primitif, l'inverse et la base du prisme hexagonal: celle-ci se trouve à Guanaxuato au Mexique, et notamment à Tharand près de Dresde, en petits cristaux d'un jaune brunâtre et très-brillants, connus sous le nom

de *tharandite*. *Uniternaire*, fig. 6, au Salzberg près de Hall en Tyrol, avec l'anhydrite. *Homonome*, fig. 12, de la Toscane. A Traverselle, j'ai trouvé le *prismé*, fig. 10, très-raccourci.

M. Dufrénoy a enrichi cette liste de l'*équiaxe*, fig. 2 ; de l'*inverse*, fig. 3 ; de deux rhomboèdres aigus se rapprochant beaucoup du *contrastant*, fig. 4, mais dont les angles montrent une différence avec cette variété ; de l'*imitable*, fig. 19, composé du prisme à six faces, surmonté du primitif ; du *bi-binaire*, fig. 20, offrant à la fois les faces du prisme, celles du métastatique et du primitif. Enfin, M. Lévy a complété cette série par l'addition de la forme, fig. 21, à laquelle le primitif donne son aspect général, et portant d'abord les faces du prisme hexagonal, puis celles du prisme hexagonal placées sur les arêtes, celles du *contrastant*, enfin de deux métastatiques qui, quoique assez simples, ne se sont pas encore rencontrés parmi les nombreuses variétés de la chaux carbonatée.

Pour ce qui concerne les autres combinaisons multiples désignées sous les noms de spaths brunissants ou jaunissants, elles ont été encore moins étudiées que les dolomies par les cristallographes, à cause des oblitérations auxquelles leurs formes sont assujéties. Il faut donc se contenter d'indiquer le *primitif*, fig. 1, l'*équiaxe*, fig. 2, l'*inverse*, fig. 3, et le *contrastant*, fig. 4. Je spécialiserai cependant, en indiquant comme appartenant à ma collection : 1^o le *carbonites rosans* à l'état *primitif* et *métastatique*, le premier ayant été trouvé dans les filons de Pont-Gibaud, le second dans ceux de Wolfach (Bade), et 2^o un spath jaunissant, d'une remarquable beauté, superposé aux minerais de fer de la Voulte (Ardèche), et indiquant la forme *primitive*, fig. 1.

Si l'on met maintenant en parallèle la fréquence de ce rhomboèdre primitif avec la rareté des autres formes de ces spaths multiples, on conçoit qu'il a fallu des causes majeures pour déterminer les modifications secondaires. C'est donc

avec un sentiment de regret d'autant plus vif que l'on voit tous nos habiles cristallographes n'avoir pas toujours été à même d'indiquer les circonstances d'association de ces cristaux, leurs gangues et leurs gisements. Jusque-là aucun fruit ne peut surgir de leurs déterminations ; leurs travaux demeurent frappés de stérilité.

D'un autre côté, au milieu des nombreuses variations auxquelles les spaths calcaires proprement dits se trouvent assujétis, on doit cependant admirer l'espèce d'uniformité qui règne dans certaines masses ; on a déjà souvent cité sous ce rapport les mines du Derbyshire pour leurs métastatiques, celles de Hartz pour leurs prismes. Il est donc évident que dans ces contrées essentiellement métallifères, il a surgi à une époque quelconque des milieux appropriés à la production de ces arrangements spéciaux, et il n'y a guère lieu à douter que la même circonstance existe en une foule d'autres districts, mais qu'elle a échappé à l'attention, faute d'observateurs suffisamment avertis. Cette lacune est aussi à combler pour l'avancement de la science.

En cherchant à sonder sous ce point de vue l'avenir qui lui est réservé, on peut entrevoir qu'un génie supérieur créera une géographie minérale dont nos cartes géologiques sont les rudiments. Ce comble de la perfection existe même depuis long-temps à l'état de rêve. Les anciens ne supposaient-ils pas entre autres que la distribution des métaux est en rapport avec les climats ; que l'or abonde tellement près des tropiques, qu'il y tombe même avec la pluie, tandis que le fer et tous les métaux ignobles sont accumulés vers le septentrion ? Pour eux encore la chaleur de l'Inde mûrit les pierres fines, et le froid des hautes régions alpines enduret l'eau en cristal de roche. En d'autres termes, ils prenaient pour base de leur géographie minérale le niveau des mers et les pôles ou l'équateur terrestre, dont Giraud de Soulavie a su tirer un si

grand parti , quand il a jeté les fondements de la géographie botanique. De pareils points de départ ne seront plus capitaux ; il faudra découvrir des pôles encore inconnus , et dont il serait même téméraire de s'occuper dès à présent. On comprend cependant que les formes cristallines devant jouer un rôle dans un pareil ensemble , il sera nécessaire de spécifier les filons ou les strates caractérisés par un seul type, de ceux qui , semblables à un parterre émaillé de fleurs , en réunissent en grand nombre ; on accusera aussi les étages cristallifères. Ce travail distributif sera combiné avec la recherche des associations qui conduiront à distinguer ce qui est contemporain d'avec ce qui est d'un autre temps ; on ne confondra plus un calcaire simplement *superposé* avec un calcaire *implanté* ou *emboîté* ; on disjoindra également les gîtes quelquefois si essentiellement disparates d'un même pays , que l'on réunit encore maintenant dans les traités de minéralogie , lorsqu'on indique les stations par les mots vagues : Alpes , Tyrol , Saxe , Cornouailles , Amérique , etc. , comme si ces régions ne renfermaient pas chacune un grand nombre de roches différentes. Ce grand catalogue , du genre de celui qui a été si heureusement tenté par M. G. Léonhard , étant fait ; quand chacun de ses points aura été mûrement discuté ; quand la valeur de tous ses termes se trouvera convenablement estimée , alors le cahos où nous nous débattons encore maintenant fera place à la clarté , à la simplicité ou à l'harmonie , et alors seulement le songe de nos ancêtres pourra devenir quelque chose de positif.

Groupements et oblitérations des cristaux de spath.

XIX. Dans un ouvrage posthume de Mohs sur les premiers principes de la minéralogie et de la géologie , on voit que ce savant concevait une science distincte de la minéralogie , en

ce que celle-ci n'envisage que les individualités du règne minéral, tandis que l'autre s'occuperait en particulier de la réunion ou du groupement de ces individualités. Il suffit, en effet, pour la réalisation de cette idée, qu'il y ait dans les diverses corrélations en question des rapports tels, qu'on puisse en déduire un certain enchaînement, et par suite un arrangement scientifique.

Or, les groupements, considérés dans leur ensemble, peuvent résulter de la réunion d'un nombre déterminé ou indéterminé d'individus ; ils peuvent être assujétis à certaines règles ou s'en montrer affranchis ; ils peuvent avoir lieu entre des individus similaires ou hétérogènes, et dans ce dernier cas, il peut encore exister une certaine régularité, à la vérité différente de la régularité qui se manifeste entre les individus de même nature, mais pourtant déterminée en ce sens, qu'elle ne se reproduit pas indifféremment pour d'autres corps.

Ces agglomérations offrent donc une gradation du simple au composé, qui, s'élevant d'ordre en ordre, aboutit finalement à une masse composée de tous les individus du règne minéral ; celle-ci n'est autre chose que la masse terrestre elle-même, et la science des groupements, qui conduit ainsi à la connaissance de notre globe, doit recevoir le nom de *géognosie*.

Mohs concevait encore qu'indépendamment des recherches relatives au mode de groupement, cette science doit également s'occuper de déterminer les cas où les individus qui font partie du groupement ont été formés dans le même intervalle de temps ou à des époques différentes. Restreinte entre ces limites, elle peut arriver à une évidence pleine et entière, puisque toutes ses données sont puisées dans l'observation immédiate. Les préoccupations sur la formation des individus sont exclues de son domaine, quoiqu'elle soit à même de

fournir des probabilités à leur appui ; elle n'a pas à s'occuper de ces considérations spéculatives, et c'est en cela qu'elle constitue une branche nettement circonscrite, indépendante de la *géogénie*, quoique toutes deux elles soient des branches de la *géologie* générale.

Le plan de Mohs est, sans aucun doute, parfaitement tracé ; on se plaît à voir la géologie positive débiter par l'étude des corrélations qui existent entre deux cristaux similaires, et son ensemble s'échafauder uniformément d'après le même système d'observations convenablement agrandi. Il serait même facile de suivre une marche de ce genre pour des cas spéciaux comme celui de la dolomie, en passant des réunions de cristaux aux masses confusément agrégées ou compactes, puis aux relations de voisinage de ces masses avec des parties de nature différente. Mais en procédant ainsi, on se trouverait dans la nécessité de laisser de côté plusieurs considérations physiques, chimiques et théoriques, qui doivent nécessairement faire partie d'un exposé historique. Il est donc plus convenable de scinder cet enchaînement, et l'on s'en tiendra aux habitudes de nos minéralogistes, qui font de l'étude des groupements un complément à celle des individus cristallisés.

La revue d'une suite de groupements cristallins fait bientôt reconnaître qu'ils se sont effectués soit irrégulièrement, soit régulièrement ; on comprend même que ce dernier cas doit se présenter fréquemment pour des corps dont les faces, les angles et les arêtes affectent des positions réciproques déterminées ; aussi le plan de jonction est-il d'ordinaire parallèle à l'une des faces cristallines existante ou possible. Deux cristaux peuvent d'ailleurs, en conservant le parallélisme de leurs axes, se réunir par des faces homologues de même étendue ou inégales, par leurs arêtes et par leurs sommets. Ces axes peuvent aussi être perpendiculaires entre eux, ou former

des angles déterminés, enfin se trouver renversés l'un par rapport à l'autre. Plusieurs cristaux, pris deux à deux, semblent encore se pénétrer, en sorte qu'ils sont censés avoir une partie commune; d'autres se traversent mutuellement de part en part. On conçoit finalement que le groupement régulier pouvant s'effectuer entre des *embryons* qui s'accroissent simultanément, il en résulte que les cristaux paraissent joints par des plans, même dans le cas où leurs embryons se seraient soudés par des arêtes ou par des pointements.

De ces arrangements résultent une multitude de structures particulières, dont quelques-unes avaient déjà été observées par les anciens, tels que Mairan, qui les avait appelé *cristaux surcomposés*, nom qu'il ne faut pas confondre avec celui des *sels surcomposés* de Leblanc (pag. 80); depuis, ces cas ont été classés comme étant des *croisements*, des *transpositions* et des *hémitropies*. Ces accidents produisent les cristaux *mâclés*, *gémînés*, *ternés*, *généculés*; les *angles rentrants* des cristaux *canaliculés*, en *bec*, en *cœur*, en *fer de lance*; les *carcasses cristallines*, et diverses déformations, ainsi que les cristaux à *surface striée*, *hérissée*, *drusique*, etc. La réflexion fait encore entrevoir, même *à priori*, qu'il est très-difficile que dans ces sortes de groupements multiples les cristaux se joignent avec une précision telle, qu'il n'y ait aucun vide, aucun débordement d'une ligne par rapport à l'autre. De là résultent divers genres d'*oblitérations* plus ou moins remarquables, tendant en général à produire des *faces arrondies* et des *arêtes curvilignes*. Ce qui est plus remarquable encore, ce sont les *contournements des cristaux*, dont on est assez porté à attribuer la cause à une chaleur intense, qui aurait, pour ainsi dire, voilé ou gauchi les minéraux dans le sein de la terre après leur formation. Haüy supposait aussi que ces courbures résultent de l'introduction des molécules étrangères durant l'acte pseudomorphique qui a

converti le calcaire en spaths brunissants (page 39). Cependant ces sortes d'oblitérations, très-fréquentes pour les dolomies et autres spaths complexes, se montrent aussi bien sur les cristaux des dépôts sédimentaires intacts, comme l'est le lias bleu des environs de Lyon, que sur ceux qui sont associés à des gîtes métallifères décidément plutoniques ou plutonisés. Il est donc plus naturel de leur appliquer les considérations précédentes; ne pourrait-on pas admettre aussi que la cause principale de ces gauchissements se trouve dans les angles des rhomboèdres élémentaires? Pour que la forme du cristal surcomposé fût douée d'une perfection mathématique, il faudrait que ses embryons ou que ceux des substances isomorphes qui le constituent, aient tous une forme et un volume égal; mais on a vu (pag. 47) qu'ils peuvent différer entre eux d'environ 2°. Ces inégalités doivent donc être traduites dans le résultat de l'agglomération, et pour mieux découvrir sous quelles formes elles se sont exprimées, il convient de débiter par l'exposé de quelques cas simples, pris spécialement parmi les dolomies et autres spaths voisins; on passera ensuite aux cas plus complexes, qui pour la plupart ont été peu étudiés par les cristallographes; mais j'hésite d'autant moins à les soumettre à la discussion, que ma collection est riche en produits de ce genre.

Le groupement le plus simple est celui qui est fourni par les cristaux de dolomie de Traverselle, fig. 22. On voit qu'il se compose de la superposition et même de l'emboîtement des rhomboèdres par leurs faces homologues, dont les arêtes sont d'ailleurs parallèles les unes aux autres, et tournées dans le même sens; quelques-uns des cristaux ont jusqu'à 0^m03 de côté, et il arrive qu'il se forme ainsi des escaliers assez régulièrement construits de 0^m04 à 0^m05 de longueur. Ce même arrangement se retrouve dans la dolomie blanche transparente des cavernosités de la dolomie stratifiée dans les terrains de

transition de Framont, ainsi que dans les cristaux dolomitiques jaunes de vin des marnes du calcaire à fucoïdes de Pellegrino (Parmesan); mais il y est faiblement accusé.

Dans d'autres magnifiques échantillons de Traverselle, les rhomboèdres se pénètrent de manière que les deux grandes diagonales de leurs faces se confondent avec la ligne d'intersection. Ce groupement, fig. 23, dans lequel les axes deviennent obliques, est à peu près aussi commun que le précédent.

M. Dufrénoy présente comme assez fréquente la mâcle fig. 24, que l'on conçoit aisément en imaginant que les cristaux étant dans des positions parallèles, l'un d'eux a ensuite tourné de 60° à 180° autour de son axe.

Le même minéralogiste signale un beau cristal hémitrope, fig. 25, provenant du St-Gothard, et il regarde comme probable que les mâcles de cette forme, qui dans les collections sont rangées parmi les accidents de la chaux carbonatée, doivent être rapportées à la dolomie.

On trouve à la Voulte des spaths blancs, effervescents, représentant la variété *équiaxe*, et qui sont formés par la réunion d'une multitude de petits rhomboèdres, disposés avec assez de symétrie pour pouvoir être regardés comme offrant une représentation naturelle des décroissements de Haüy. Divers autres spaths affectent la même structure, et quoique leurs rhomboèdres soient en général d'une telle ténuité qu'ils ne sont pas perceptibles facilement à l'œil nu, on reconnaît cependant le sens de leur disposition à l'éclat satiné qu'ils communiquent aux surfaces. Celles-ci deviennent en même temps rudes au toucher, et de plus quelques imperfections dans la superposition donnent lieu à des oblitérations à contours circulaires, accompagnés d'arêtes courbes, tandis que les faces demeurent encore en partie planes. Ces faces s'arrondissent à leur tour dans d'autres échantillons, et l'on arrive, par une gradation continue, aux formes lenticulaires

fig. 26. Je rangerai dans cet ordre des cristaux de *fer spatique* indiqués par d'autres minéralogistes ; l'*ankérite* et le *carbonites mesitinus* de Traverselle ; la *miémité* et la *dolomie lenticulaire* de Haiiy ; enfin le *manganèse carbonaté lenticulaire*.

Il existe encore à Traverselle un spath nacré, blanc, présentant la même disposition de groupement que le précédent, mais constituant une forme lenticulaire tellement surbaissée, qu'elle se réduit presque à l'état d'une simple table circulaire ; cependant les cristaux qui entrent dans sa construction sont aussi gros que ceux de la Voulte ; cette forme est rare.

On vient de voir de quelle manière les groupements peuvent produire des surfaces striées ; mais le phénomène des stries n'est pas toujours aussi simple, et pour expliquer d'autres cas, il faut recourir à des oscillations ou à des retours alternatifs des groupements pendant la durée de la formation d'un cristal. Un exemple bien connu est celui que présentent les rhomboèdres d'une foule de localités et de compositions diverses, tels que ceux de certains spaths d'Islande, du calcaire complexe (n° 18) de Pesey, des dolomies de Traverselle, des calcaires d'Arendal en Norwége, et aussi les grandes lames de clivage de la dolomie de Bajo, près d'Ivrée, ainsi que du *carbonites rosans* de Wolfach (Forêt-Noire). Toutes ces masses cristallines ou cristallisées offrent à leur surface des stries quelquefois très-prononcées et dirigées suivant trois plans, dont chacun passe par les diagonales horizontales de deux faces opposées du rhomboèdre primitif. Pour en concevoir la formation, imaginons qu'un plan passant par deux arêtes latérales parallèles partage un rhomboèdre en deux parties égales, et que l'une des moitiés éprouve une transposition de 180° par rapport à l'autre moitié ; on aura alors le groupement fig. 27. Mais cette combinaison, qui existe quelquefois seule, se reproduit ordinairement à plu-

sieurs reprises par la récurrence des lames hémitropes, de manière qu'il en résulte un arrangement représenté par la fig. 28 ; il arrive même souvent que des lames très-minces de ce genre sont incluses dans un rhomboèdre, de telle manière que leurs affleurements ne se décèlent que par des stries très-fines menées parallèlement aux grandes diagonales fig. 29. M. Brewster a tiré un parti très-ingénieux de ces hémitropies, pour expliquer certains effets de polarisation de la lumière ; Naumann a aussi fait voir, en 1830, comment elles se trouvent en rapport avec les clivages surnuméraires ; et en 1845, M. de Senarmont a de nouveau traité la question sous les deux points de vue ; elle sera reprise successivement dans cette notice quand il s'agira d'examiner les propriétés physiques des spaths.

On se contentera actuellement de compléter les aperçus précédents, en faisant observer d'abord que les stries parallèles aux grandes diagonales des rhombes circonscrivent les angles sommets du rhomboèdre, de manière à dessiner le contour d'une troncature droite de ce sommet, dont le résultat serait la production de la variété *basée*. En second lieu, ces stries sont accompagnées d'une courbure dans le sens de la petite diagonale fig. 30, et la courbure tend naturellement à raccourcir l'axe du rhomboèdre primitif, qui par cela même prend un sommet plus obtus, de manière à se rapprocher de l'*équiaxe*. Cette dernière circonstance se manifeste, quoique à des degrés variables, dans les échantillons suivants, savoir : dolomie blanche, transparente, dans les cavernosités des assises dolomitiques incluses dans les schistes métamorphiques de Framont ; dolomie blanche, nacrée, des géodes du filon de Grand-Fontaine, près de Framont ; spath jaunissant, nacré, en petits cristaux blancs, tapissant les crevasses des rognons renfermés dans les marnes oxfordiennes de Meylan, près de Grenoble ; dolomie jaune de vin, en cristaux serrés les uns

contre les autres, de manière à faire surgir leurs angles aigus dans les crevasses des marnes du calcaire à fucoïdes de Pellegrino (Parmesan); dolomie blanche de Traverselle; calcaire blanc de la Voulte et calcaire complexe n^o 18 de Pesey.

Au surplus, ces stries ne sont pas particulières au rhomboèdre *primitif*; on les trouve reproduites sur le *contrastant* fig. 31. Dans ce cas, les rayures sont toutes parallèles aux petites diagonales des faces, et elles correspondent à l'intersection de celles-ci avec des plans parallèles aux faces du rhomboèdre primitif, qui peut être considéré comme étant le noyau du *contrastant*. Cet accident remarquable est assez fréquent sur certains cristaux de dolomie de Traverselle, associés au quartz, au talc, à du cuir de montagne, et à du fer oligiste dont les lames lenticulaires et tranchantes pénètrent dans ses divers congénères. Les arêtes de ces mêmes cristaux de dolomie sont toujours curvilignes, de manière à compliquer d'autant la fig. 31.

Jusqu'à présent, abstraction faite des stries, il n'a été fait mention que de la simple convexité des faces; mais on rencontre encore, tant parmi les dolomies que parmi les spaths jaunissants et brunissants, des cristaux déformés par des dépressions établies ordinairement sur les grandes diagonales de certaines faces rhomboïdales, et compliqués de contournements bizarres, de manière à imiter la forme d'une *selle* ou le *bord d'un chapeau*, fig. 33 et 36.

M. Mohs suppose que ce phénomène résulte d'une sorte de troncature, dont la fig. 32 peut donner une idée, en supposant l'ablation des coins A et B, en sorte qu'il ne reste plus qu'une lame bordée par les arêtes latérales du rhomboèdre; celles-ci, se courbant légèrement, dessineraient les cristaux en question.

Cette manière d'envisager les faits ne paraît cependant pas justifiée par l'examen détaillé d'une suite de ces figures; on

voit alors qu'elles doivent être le produit du groupement d'un certain nombre de rhomboïdres. La plupart des minéralogistes, tant anciens que modernes, ont même eu le sentiment de cette circonstance, et ils l'ont exprimée de toutes les manières possibles, suivant leurs systèmes descriptifs. Au surplus, voici quelques exemples à l'appui :

Linné. *Natrum embryonatum, seu natrum lapidosum, squammis ligulatis, subimbricatis, canaliculatis, opacis.*

Spathum drusicum, cristallis pyramidalibus concretis.

Natrum irregulare spathosum, acaule, pyramidibus trigonis, lateribus rhombeis carinatis.

Capeller. *Fluores selenitici, squammis piscium non dissimiles, erecti, à basi crassiore in aciem acuti.*

De Born. *Spathum trigonum, tetraedris aggregatis.*

Haüy. CHAUX CARBONATÉE FERRO-MANGANÉSIFÈRE. Var. contournée : *Dérive d'une forme dont les faces ont éprouvé des inflexions qui les font paraître de travers. En rhomboïdes dont les faces forment un pli à l'endroit de la grande diagonale. Var. squammiforme : En rhomboïdes si petits et tellement serrés les uns contre les autres, qu'ils imitent un tissu écailleux. Quelquefois les cristaux sont amincis en manière de lames repliées comme les bords d'un chapeau. Certains cristaux de cette modification ont jusqu'à 15 millimètres de longueur.*

Brongniard. SPATH BRUNISSANT. *La présence du fer et du manganèse semble influencer sur l'habitude de ses cristaux, qui appartiennent ordinairement à la variété inverse. Les faces de ces rhomboïdes ou des autres formes sont souvent convexes, quelquefois même presque contournées, comme tordues, et ces cristaux imbriqués, et comme en recouvrement les uns sur les autres, prennent un aspect écailleux remarquable.*

Beudant. CALCAIRE SQUAMMIFORME. *Variétés mélangées de*

carbonate de fer, de manganèse et de magnésie, en rhomboèdres très-aplatis parallèlement à deux faces opposées, très-contournés et le plus souvent appliqués les uns sur les autres comme des écailles, et formant ainsi des mamelons cristallins, des plaques plus ou moins épaisses.

Ces descriptions établissent évidemment l'existence d'une complication qui, n'étant pas en rapport avec la simplicité de l'hypothèse de M. Mohs, méritait par cela même d'être examinée de plus près. Aussi, malgré les difficultés que présentent ces mosaïques, dans lesquelles les pièces chevauchent souvent les unes sur les autres, je crois avoir pu reconnaître que le pli en *selle* et le retroussement en *bord de chapeau* constituent deux cas différents.

Pour composer le groupement en *selle*, il faut reprendre l'hémitropie fig. 27, provenant de l'adossement des deux moitiés d'un rhomboèdre coupé par un plan passant par les deux arêtes latérales parallèles. Il en résulte l'élément *abcd*, fig. 33, formant la partie dorsale de la selle, et qui se complète d'un élément pareil *bfg*h; les jambages résultent de l'apposition d'autres demi-rhombes *m, n, o, p*, obtenus de la même manière que les précédents. De cette manière, on a, en avant et en-dessous, un angle rentrant *x*, et par conséquent des arêtes tranchantes en *stryz*, tandis qu'elles sont obtuses en *sfz*; l'arrondissement des faces fait le reste, en sorte que le produit final est une forme qui, vue obliquement, est indiquée par la fig. 34. Ces sortes de groupements, fréquents à Traverselle, appartiennent à un spath nacré jaunissant, dont les cristaux n'ont guère plus de 1 à 2 millimètres de côté; ils gisent très-rapprochés les uns des autres, et presque toujours adhérents par leur base *styz* aux surfaces des cavernosités d'une gangue de même nature, formant une masse à lamelles contournées et traversée par des prismes de quartz. Quelques-uns sont fixés sur les aiguilles de ce quartz,

et ce sont ceux qui se prêtent en général le mieux à l'étude.

Les configurations en *bord de chapeau* sont plus faciles à concevoir, en ce qu'il suffit d'observer que le contournement est d'autant moins prononcé, que les cristaux sont moins nombreux dans le groupement. Dans le cas de la plus grande simplicité, le système peut se réduire à la réunion de huit petits rhomboèdres soudés par leurs faces homologues et dirigés à peu près dans le même sens. Il en résulte un rhomboèdre total, fig. 35, dont les arêtes sont légèrement courbes, à cause de l'imperfection de la superposition, et qui peut être en quelque sorte considéré comme un massif de maçonnerie gauchi, parce qu'il est composé de moellons mal équarris l'un par rapport à l'autre.

De la structure précédente on passe facilement à celle qui est représentée par la fig. 36, dont la cambrure est déjà plus prononcée, et de là on arrive à l'arrangement fig. 37, qui est complètement infléchi; mais alors le nombre des cristaux élémentaires s'étant considérablement multiplié, les surfaces en ont reçu l'apparence d'un tissu écailleux, tandis qu'auparavant les rhomboèdres se laissaient facilement discerner.

Un autre résultat de ces suradditions est d'amener les diagonales inférieures et supérieures à se confondre avec les arêtes, qui, par leur position relative, sont disposées d'une manière convenable pour que la continuité puisse s'établir, et cette circonstance, combinée avec la dépression apparente des faces, contribue à donner d'autant plus de saillie aux arêtes marginales restantes. Celles-ci deviennent donc très-tranchantes, et ressemblent en définitive à une courbe à double courbure qui se coordonnerait symétriquement, par rapport à deux autres courbes *abc*, *def* placées en sens inverse l'une par rapport à l'autre, et situées dans deux plans rectangulaires entre eux, fig. 38.

Les cristallisations de ce genre sont capables d'affecter les formes les plus gracieuses et en même temps les plus variées suivant les particularités du groupement. Les rhomboèdres ne demeurent pas toujours serrés les uns contre les autres, de manière à simuler des imbrications ; ils se dégagent aussi sous la forme dendritique, en imitant des arborisations contournées en sens inverse, suivant les lois dont il vient d'être fait mention. Une surcharge de ces mêmes cristaux sur les branches, conduit à une disposition en forme de deux couronnes croisées l'une dans l'autre, à peu près comme deux maillons d'une chaîne, fig. 39, et ce curieux arrangement a été trouvé parmi les spaths nacrés de la mine de la Grande-Fontaine, par M. Drion, directeur des forges de Framont.

Dans un bel échantillon du *carbonites rosans* provenant du filon de *Gabe-Gottes*, à Ste-Marie-aux-Mines, les cristaux contournés en *bord de chapeau* sont enfilés les uns sur les autres suivant des axes communs, et de plus ils vont en décroissant vers le haut, de manière à construire la pyramide *métastatique*, fig. 40, dont les faces sont hérissées d'une arête à l'autre de pointes alternativement recourbées en dessus et en dessous. Il est presque inutile d'ajouter que cette agrégation cristalline n'affecte point une régularité géométrique ; mais l'arrangement général n'en est pas moins très-frappant par sa symétrie.

Enfin ces mêmes cristaux s'emboîtent de manière à produire des globules de 2 à 3^{mm} de diamètre, et dont la fig. 41 suffit pour donner une idée exacte. Ceux-ci se trouvent aussi dans la mine de la Grande-Fontaine à Framont, et ils consistent en un spath très-jaunissant, reposant sur une belle dolomie blanche, nacrée et simplement contournée, fig. 36. On remarquera jusqu'à quel point ces sphéroïdes diffèrent de tous les autres. Ce ne sont point des tubercules rayonnés du centre à la circonférence, ni des cristaux arrondis par la mul-

titude des facettes, ni des espèces d'oolithes composées de couches concentriques; ce sont des groupements spéciaux qui, par leur singularité comme par leur nouveauté, m'ont paru devoir offrir de l'intérêt aux minéralogistes.

C'est actuellement le cas de faire observer que, toutes circonstances égales d'ailleurs, plus la composition tend à devenir multiple par une surcharge en magnésic, en fer et en manganèse, plus aussi les cristaux tendent à se gauchir et à se compliquer de groupements. A Framont, par exemple, on peut voir dans des géodes semblables entre elles, le calcaire pur cristallisant en *prismé* au milieu des dolomies rhomboédriques faiblement infléchies, fig. 35; mais sur celles-ci se couchent des cristaux en forme de *bord de chapeau*, fig. 37, appartenant à un spath peu jaunissant, tandis que s'il est très-jaunissant, on trouve le groupement fig. 41. Les exemples de ces circonstances m'ont du moins paru assez multipliés pour qu'il devienne bien plus naturel de rapporter la complication des formes à une complication de composition, qu'à des effets de chaleur. Cependant je me demande toujours ce qu'il peut y avoir de commun entre ceux-ci et les torsions des spaths. D'où a pu venir l'idée de ce rapprochement? On est parti des expériences de M. Mitscherlich sur l'inégale dilatation des axes cristallins. Pourquoi ne pas se rappeler alors que, l'élévation de la température cessant, le cristal revient à son état primitif? D'un autre côté, il ne fallait pas oublier que les spaths ne sont pas les seuls minerais qui soient assujétis à manifester des différences dans les dilatations de leurs axes; le quartz, le gypse, l'arragonite, la baryte sulfatée, etc., se comportent de la même manière quand on les chauffe; ils se trouvent souvent dans les mêmes filons, et pourtant ils ne sont pas contorsionnés.

M. Anker, il est vrai, a cherché à expliquer la même cause, l'irrégularité qui résulte de l'accroissement démesuré

de quelques faces des cristaux , de l'émeraude , par exemple , dont la forme habituelle est un prisme à six faces , et qui devient accidentellement un prisme rhomboïdal , ou bien du cuivre oxidulé qui d'octaédrique devient pyramidal , etc. , etc. M. Anker est même parti des déformations qui peuvent survenir simultanément dans les angles , pour proposer un nouveau système de cristallographic basé sur la mesure des faces. Or , sans toucher à ces déductions , il est cependant permis d'attaquer le principe , et de se demander si l'extension des faces n'est pas bien plus naturellement la conséquence d'un groupement cristallin que celui de la chaleur. En outre , peut-on comparer , sous le rapport des températures , la formation plutonique d'une émeraude avec la formation du cuivre oxidulé , qui se produit de nos jours , aux affleurements des filons , à froid et sous l'influence des agents atmosphériques ?

A cette occasion , il ne sera pas non plus hors de propos de rappeler l'hypothèse à laquelle M. Haidinger a été conduit pour faire comprendre les causes de l'application de la chaleur aux cristaux contournés. Ce savant , supposant un filon formé avec son spath calcaire , conçoit qu'il a été soumis à un mouvement descensionnel avec l'ensemble des roches encaissantes ; il s'est donc rapproché ainsi du foyer central ; il en a éprouvé l'influence graduée ; le spath calcaire s'est converti en spath brunissant ; l'ensemble du filon a été ensuite exhaussé , et le contournement du cristal s'est montré effectué. Je le répète , il faut autant que possible débarrasser la science de tous ces rouages inutiles , ne pas faire intervenir les grands moyens à propos de chaque minutie , et , pour achever d'établir combien les actions calorifiques subsidiaires sont superflues ici , il suffira d'examiner ce qui a lieu sous ce rapport dans des formations essentiellement disparates.

Or , à Chessy , un banc de la partie inférieure du lias bleu , bitumineux , chargé de pecten et parfaitement en dehors de

toutes les actions plutoniques, présente des fissures tapissées de dolomie blanche, nacréée, fortement contournée en *bord de chapeau*. Mais la même configuration se reproduit dans les géodes des filons de Traverselle, de Framont, qui appartiennent à des masses essentiellement plutoniques ou plutonisées; donc, puisqu'elle se manifeste dans l'un et l'autre cas, elle est indépendante de cette plutonisation, et dès lors rien de plus naturel que de recourir aux formes ou aux propriétés des molécules.

Parmi les autres configurations qui peuvent résulter des groupements, on cite la dolomie *doliiforme* ou *cylindroïde*, composée de groupes de cristaux plus ou moins distincts, disposés sous la forme de baril ou de cylindre; on indique encore le fer carbonaté *lenticulaire* groupé en *crête de coq*, les spaths agrégés en *forme de rose*, et ceux-ci ont entre autres valu à un filon de Joachimsthal le nom de *Rose de Jéricho*, à cause de leur abondance dans ce gîte. Ces sortes de dispositions étant d'ailleurs déjà très-connues des minéralogistes, il est par cela même inutile de s'y arrêter davantage. Nous ne ferons donc plus qu'une seule observation avec Romé de l'Isle.

Ce profond investigateur de la nature regarde la ligne droite comme particulièrement affectée au règne minéral; dans le règne végétal, elle se rencontre encore assez fréquemment, mais toujours accompagnée de la ligne courbe; enfin dans les substances animales, celle-ci est dominante, et quand la ligne droite s'y rencontre, elle est toujours revêtue de la ligne courbe. Une différence complète, tranchée, se manifeste donc entre les règnes organique et inorganique; la rigidité de l'un et la flexibilité d'organisation de l'autre sont exprimées dans les traits dominants de leur physionomie, et plus l'organisation se complique, plus les sinuosités dominant. Les cristaux à faces courbes semblent au premier aspect faire op-

position à cette règle générale. Cependant un examen plus attentif permet bientôt de reconnaître que cette anomalie n'est autre chose que le résultat de quelques complications dans le groupement, et il suffit même souvent de la simple analyse mécanique pour mettre en évidence les angles et les lignes droites des cristaux composants; ces oblitérations ne doivent donc pas être regardées comme formant des cas exceptionnels dans la rigueur de l'expression. Au surplus, si l'on veut les qualifier du nom de *monstruosités*, il faut convenir que la *tératologie minéralogique* peut aussi conduire à des aperçus importants pour la science, et c'est là ce qui m'a particulièrement déterminé à insister sur quelques-uns des phénomènes qu'elle présente.

Des groupements entre les divers spaths; des cristaux creux et de certaines pseudomorphoses.

XX. Haüy, mettant à profit la difficile solubilité des dolomies dans les acides, a pu constater que certains cristaux de ce genre renfermaient des noyaux calcaires, dont l'extraction s'effectuait rapidement et avec une vive effervescence, de telle sorte qu'il ne restait bientôt plus qu'une carcasse dolomitique, ou un cristal évidé.

Cette observation a été le point de départ d'une foule d'autres qui ont été faites par M. Haidinger et par M. Blum, professeur à l'université de Heidelberg. Ce dernier les a même rassemblés dans son important *Traité sur les pseudomorphoses*, en sorte qu'il me sera facile de faire voir que les arrangements de ce genre sont très-nombreux; en voici des exemples.

Le rhomboèdre obtus de la dolomie à noyau calcaire, se trouve dans les cavernosités du conglomérat doléritique du Kaisersthul, dans les mines de Himmelsfurst, d'Annaberg, Schnéeberg, Joachimsthal, Johann-Georgenstadt, Przibram.

Le rhomboèdre obtus combiné avec le prisme hexagonal se montre dans la mine de Hoffnungs-Gottes, près de Braunsdorf, et ces cristaux sont quelquefois encapuchonnés par une troisième couche calcaire.

Le métastatique habite les gîtes de Schnéeberg, de Wolfsthal, del Carmen près de Zacualpan et celui de Guanaxuato.

Les lentilles dolomitiques à noyau pareillement calcaire, entremêlées de métastatiques et de prismes hexagonaux, gisent à Schemnitz et à Kremnitz.

Pour terminer cette première liste relative aux arrangements qui surviennent entre des spaths de nature différente, j'ajouterai encore que M. Breithaupt a observé que les deux sous-espèces de son *carbonites diamesus*, savoir : le *syngenicus* et le *polymorphus*, sont très-souvent coordonnés ensemble, de manière que leurs axes et leurs faces homologues sont parallèles, fig. 22.

Ces sortes de cristaux ont encore donné lieu à différentes autres observations. Ils sont souvent creux, et la forme de la concavité correspond à celle de la partie extérieure; on trouve en outre, dans leur intérieur, soit des portions de lames correspondantes à celles du clivage, soit un revêtement de cristaux, soit encore des accumulations de petits rhomboèdres de dolomie ou de spath brunissant; ces rhomboèdres sont incohérents, confusément ou régulièrement agrégés entre eux; enfin il arrive que l'extérieur de ces cristaux creux est rude comme s'il avait été corrodé par un acide.

Toutes ces circonstances ont porté MM. Haidinger et Blum à supposer que ces cristaux sont le produit d'une pseudomorphose du calcaire en dolomie, effectuée sous l'influence du carbonate de magnésic, lequel aurait cheminé de dehors en dedans, en déterminant d'abord la formation d'une pellicule rude et composée de petits rhomboèdres du carbonate double. La pellicule se serait ensuite accrue insensiblement aux dé-

pens de la substance interne, dont une partie se trouvait enlevée au fur et à mesure, en sorte qu'il s'est formé ainsi une croûte composée de plusieurs couches superposées servant d'enveloppe à des embryons cristallins, libres ou agglomérés. En définitive, cette hypothèse, qui n'est du reste mise en avant qu'à l'égard des cristaux en question, et nullement pour les grandes masses dolomitiques, se résume en concevant que de la combinaison 2Ca C^2 il a été soustrait Ca C^2 , qui, se trouvant remplacé par Mg C^2 , a laissé pour résidu $\text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$; en sorte que le phénomène serait d'une extrême simplicité.

L'explication est admissible, car il suffit de concevoir l'existence d'une certaine affinité entre le carbonate de magnésie et celui de chaux, et qu'en outre, cette affinité agisse avec le concours de l'eau et du temps. Dans ce cas, le carbonate de magnésie charrié par l'eau s'unira au carbonate calcaire amené lui-même à un commencement de dissolution; le sel double se formera donc sur place, et naturellement l'action débutera en constituant une écorce autour du cristal primitif. Il en sera de même à l'égard des carbonates de fer et de manganèse, en sorte qu'à l'aide de ces actions lentes, il sera facile d'imaginer la production des combinaisons les plus complexes du genre des spaths brunissants et jaunissants.

Cependant il est tout aussi facile de proposer des théories essentiellement différentes de la précédente, et tout aussi justes, au moins pour certains cas, car tous les cristaux hétérogènes en question ne sont pas excavés; ils ne présentent pas tous des surfaces rugueuses; ceux que je possède sont même très-lisses en dehors, quoique creux; circonstances qui ne permettent guère de supposer des corrosions suivies de nouvelles cristallisations, comme dans le cas précédent.

Reprenant donc de nouveau les deux faits essentiels de ces accidents des spaths, on dira que s'ils sont creux, c'est que souvent ils se sont constitués avec ce défaut. Les recherches

de MM. Breuwer, Nicol, Dawy, ont démontré qu'il est commun dans les topazes de la Nouvelle-Hollande, du Brésil et d'Aberdeenshyre ; dans le quartz des Alpes et de Québec ; dans l'améthyste de Sibérie ; dans l'émeraude, le béril, le péridot, le feldspath, le diamant et le grenat ; dans le chryso-béril ou cymophane du Brésil et dans le saphir. Il se reproduit encore dans l'analcime, la chabasie, le sulfure de fer, le sulfure de cuivre, le sulfure de nikel, le spath fluor, la baryte sulfatée et le sulfate de strontiane. Les petites bulles et les cavités des quartz hyalins des Alpes, constituent assez souvent des séries disposées sur un même plan ou sur plusieurs plans parallèles. Dans le cynophane du Brésil on a pu compter jusqu'à trente mille de ces petites soufflures, distribuées sur une surface de un septième de pouce carré. Dans un saphir, la cavité, régulièrement cristallisée à l'intérieur, avait environ 4 lignes de diamètre ; dans une topaze elle était rhomboédrique. Ces chambres contiennent en général des gaz comprimés ou dilatés, des liquides, quelquefois de deux natures différentes et non susceptibles de se mélanger, très-expansibles, prenant tantôt une consistance poisseuse par l'évaporation, ou bien laissant alors déposer des cristaux. Les cubes du sel gemme du Cheshyre renferment de même, indépendamment du gaz, des chlorures de magnésium et de sodium. Enfin le saphir et le quartz de Québec, ont présenté dans leur intérieur des groupes de petits cristaux qui, dans le dernier cas, étaient mobiles et composés de chaux carbonatée. M. Ehrenberg a d'ailleurs vu se former, sous ses yeux armés du microscope, des cristaux de nître bulleux ; il a même pu varier ses expériences avec des liquides colorés, et l'on sait fort bien que ce sel, de même que celui de Seignette, possède une grande aptitude à se développer avec ces sortes de cavités.

Rien n'empêche donc d'attribuer la même faculté aux dolomies et aux autres spaths, et de supposer en outre que les

cristaux incohérents qui sont inclus dans leurs cavités, ne sont pas plus d'une formation indépendante de celle de la masse que ne le sont les cristaux flottants dans le liquide des quartz; jusqu'à présent du moins on n'a pas imaginé de faire pénétrer après coup un dissolvant dans ces derniers : l'idée de son introduction serait combattue par l'état d'intégrité des surfaces.

Quant à ce qui concerne l'enveloppe ou l'écorce de certains spaths, il est permis d'imaginer que, malgré l'isomorphisme qui fait concourir des carbonates de nature variée à l'édification d'un cristal homogène, il se présente des circonstances telles, qu'au lieu d'une consolidation simultanée, il y ait dépôt successif des carbonates de fer, de chaux et autres qui seront contenus dans un même dissolvant; il suffirait pour cet effet d'une légère différence de solubilité entre ces sels. On peut supposer aussi qu'étant confondus dans un seul et même magma liquéfié par la chaleur, l'un des carbonates doit tendre à se solidifier le premier parce qu'il est moins fusible ou plus apte à cristalliser que les autres; il n'y aura donc rien de surprenant à voir ces carbonates s'ajouter, se superposer, ou s'engrener réciproquement suivant les différentes lois qui régissent les groupements dont il a été question dans le paragraphe précédent. Les emboitements de ce genre sont d'ailleurs très-fréquents dans les masses à structure laminaire qui constituent le remplissage de certains filons, et notamment ceux de fer spathique des Alpes. Les maillats, les rives, les calcaires et les dolomies y sont associés d'une manière si intime, souvent même si bien liés, que les anciens ont pu croire à des transformations épigéniques du calcaire en fer spathique. Cette opinion, ayant déjà été citée (pag. 38), ne demande plus qu'une seule observation : c'est qu'au milieu de ces espèces de composés carbonatés, à structure granitoïde ou porphyroïde, on trouve des empâtements d'albite, qui probablement ne permettront guère de mettre en doute une fusion préalable, au moins dans certains cas.

Mais laissons de côté ces agrégations trop confuses pour se prêter à une étude cristallographique proprement dite, et généralisons ce qui a été dit pour la dolomie, à l'aide de quelques autres exemples pris parmi des spaths de nature différente.

Les carrières d'anamésite, de Dietesheim, près de Hanau, contiennent, d'après M. Speyer, des rhomboèdres calcaires accumulés les uns sur les autres en forme d'escalier, et enveloppés d'une écorce de fer spathique; quelques-uns sont creux; dans d'autres on voit des lames de fer spathique pénétrer entre les joints de clivage du calcaire.

Dans les filons de quartz et cuivre de Rheinbreitbach (Prusse rhénane), la dolomie, courbée à l'ordinaire, se trouve quelquefois recouverte par le fer spathique de la même manière que le calcaire précédent, et l'on y observe de plus les mêmes cristaux creux ainsi que les mêmes interpositions de lames.

J'ai aussi trouvé dans les déblais de la mine de Wenzell, près de Wolfach (Forêt-Noire), des cristaux du même genre, complètement enveloppés dans la baryte sulfatée laminaire, à la manière du feldspath dans un porphyre, et leur forme, assez difficile à déterminer à cause de cet encaissement, m'a cependant paru se rapprocher de celle de la variété *divergente* de Haiiy. L'intérieur de ces cristaux est hérissé de petites druses calcaires blanches; leur extérieur est lisse, mais jaunissant.

D'après M. Zippe, on trouve à Przibram des cristaux métastatiques enveloppés de spath brunissant; ils sont constamment creux. Ce minéralogiste en conclut que la formation primitive et calcaire des filons de Przibram se trouve détruite, de manière à être remplacée par la production ci-dessus.

Le dépôt de peroxide de fer de la Voulte (Ardèche) est une création essentiellement aqueuse, ainsi que je l'ai démontré en 1843 (*Ann. de la Société d'agriculture de Lyon*).

Parmi les cristallisations de ses géodes, il en est qui doivent rentrer dans les catégories précédentes, et qui méritent une description particulière. Un calcaire blanc vivement effervescent a pris la forme *équiaxe*, sous laquelle il se montre souvent parfaitement net à côté des dolomies contournées faiblement jaunissantes, et des barytes sulfatées limpides. Un troisième carbonate, verdâtre, très-jaunissant, intervient encore dans ces réceptacles, qu'il saupoudre de ses rhomboèdres microscopiques. Quand il est superposé aux équiaxes ci-dessus, comme cela a lieu, entre autres sur un bel échantillon qui m'a été donné par M. Thiollière, il a non-seulement fait corps avec eux de la manière la plus intime, mais il s'est de plus aligné suivant leurs lames d'accroissement, de manière à constituer les gradins fig. 42, dont l'admirable régularité semble faite pour donner la démonstration la plus expressive des théories de Haüy. Les cristaux n'étant d'ailleurs pas creux, ils offrent, dans le contraste qui existe entre le blanc laiteux du noyau et le jaune doré de la croûte, un exemple remarquable des *umhüllungs-pseudomorphosen*, et des *krustirte-afterkristallen* ou *pseudomorphoses d'enveloppe et d'incrustation* de MM. Blum et Haidinger.

La complication remarquable des géodes de la Voulte fournirait au besoin plusieurs autres faits, qui, s'ils étaient bien étudiés sur place, jetteraient le plus grand jour sur la théorie des actions qui ont présidé à ces arrangements. Pour en donner une idée approximative, concentrons l'ensemble des échantillons en un seul, et l'on aura : 1^o quatre calcaires blancs effervescents, savoir : un rhomboèdre un peu arrondi ; un prisme hexagonal surmonté d'une pyramide à six faces à arêtes tronquées ; un équiaxe régulier, et un équiaxe contourné et groupé en crêtes ; 2^o un spath jaunissant, contourné en *bord de chapeau* ; 3^o le spath verdâtre, très-jaunissant, en petits cristaux rhomboédriques ; 4^o diverses formes de baryte

sulfatée, parmi lesquelles une primitive; 5° le peroxide de fer rouge terreux ou écailleux oligiste; 6° enfin un jaspe rubiginoux, dit *mineral agathisé*.

Le spath très-jaunissant se superpose en général sur le reste, mais avec des différences très-prononcées; ainsi, parmi les calcaires blancs, l'équiaxe régulier en est incrusté, le prismatique presque uniformément saupoudré, tandis que le rhomboëdre arrondi et les cristaux crêtés n'en supportent point de traces. Parmi les barytes sulfatées, le primitif en est irrégulièrement recouvert et même pénétré sur une petite épaisseur; les autres ont leurs surfaces parfaitement lisses et nettes. La dolomie en selle n'en a reçu que de très-faibles portions; enfin le jaspe et le fer oligiste terreux en sont complètement jonchés. Et cependant tous ces minerais semblent soumis aux mêmes conditions. De plus hardis pourront sans doute tenter d'exposer une théorie de ces corrélations; pour moi, je me contenterai, en attendant de plus amples détails, d'indiquer l'état et jusqu'à un certain point la nature des surfaces comme ayant probablement exercé une influence essentielle sur les diverses phases de ce développement géodique.

Des groupements entre des spaths et des minerais de différente nature.

XXI. Jusqu'à présent on n'a eu égard qu'aux relations réciproques des spaths; l'isomorphisme devait par conséquent être considéré comme entrant pour une large part dans la régularité des superpositions; cependant les corps hétéromorphes sont quelquefois susceptibles de s'associer entre eux avec une certaine symétrie. Une dissolution saline évaporée sur des lames de mica ou de gypse, donne des cristaux dont les faces affectent un certain parallélisme avec les lignes cristallographiques de leur support. La nature montre des rapports analo-

gues entre le rutilite et l'oligiste, le rutilite et le quartz, le quartz et l'albite, le mica et la hornblende, le mica et la scapolithe, le disthène et la staurotide. Il est donc tout simple que des corrélations du même genre se manifestent entre le spath calcaire et divers minerais, tels que le mica, le quartz, l'asbeste et la pyrite, à l'égard desquels on les a spécialement observés. On sait, par exemple, que le mica se couche de préférence dans un sens parallèle au clivage du calcaire, et l'amphibole asbestique s'arrange avec la dolomie de manière que ses grandes diagonales sont parallèles avec les faces du rhomboèdre.

Haüy cite des groupes calcaires de la variété *surbaissée*, dont les sommets sont ornés d'une petite étoile à trois rayons, ou composée de trois filets de fer sulfuré qui, en partant de l'angle solide terminal, se dirigent dans le sens des arêtes.

J'ai trouvé, à Traverselle, une masse de chlorite écaillée verte et blanche, empâtant du fer oxidulé, de la pyrite et du calcaire vivement effervescent, laminaire, avec des stries dirigées dans le sens de la grande diagonale, fig. 30. Cette masse contient aussi des cristaux trop engagés pour se prêter à une détermination précise; cependant quelques parties offrent des dispositions qui portent à croire qu'ils se rapportent à des octaèdres dont certaines faces auraient pris plus d'extension que les autres; genre de monstruosité dont l'alun présente de fréquents exemples. Ces cristaux montrent dans leur cassure transversale un noyau pyriteux entouré d'une zone calcaire, recouverte d'une enveloppe de pyrite, et ces deux dernières couches se succèdent avec des épaisseurs égales, de manière à observer, par conséquent, un remarquable parallélisme entre elles.

La dolomie, le spath brunissant et le fer spathique s'arrangent avec le quartz, exactement comme le calcaire avec la pyrite, ainsi que cela m'est démontré par divers exemplai-

res de ma collection. La fig. 43 donnera entre autres une idée nette d'un de ces accidents tels qu'ils se montrent au Pont-la-Terrasse (Rhône), dans un puissant filon quarzeux que M. Driange parmi les masses éruptives (*Ann. de la Société d'agriculture de Lyon*, 1843). Les récurrences répétées que l'on y remarque, établissent que les matériaux composants sont contemporains les uns aux autres. Comment d'ailleurs n'en serait-il pas ainsi, puisque l'échantillon a été extrait du sein d'un filon non moins remarquable par sa grande simplicité de composition que par l'absence de tout rubannement suivi? Il n'y a donc là aucune trace de dépôts consécutifs. Et s'il fallait apporter un argument de plus en faveur de l'injection simultanée de cette masse de quartz, il serait facile de le trouver dans la dissémination sporadique de ses géodes. Elle prouve que celles-ci sont le résultat de contractions effectuées autour de centres divers, distribués au hasard dans une pâte, et sans nul rapport avec les alignements qu'on est en droit d'attendre d'un mode de formation successif admis par beaucoup de géologues, mais qui n'est applicable que dans un très-petit nombre de cas.

Leblanc a répété plusieurs expériences pour savoir si un corps étranger pouvait devenir le noyau d'un cristal, mais ce fut sans succès; les portions qui s'attachaient à ce corps étaient toujours des individus cristallins et non des agrégations régulièrement basées sur ce centre parasite. M. Beudant a été plus heureux, en ce sens, que dans le cas où il a pu former rapidement des cristaux au milieu d'une matière en bouillie, il a obtenu des distributions de la substance étrangère, soit autour du centre, soit dans le sens des diagonales, soit enfin suivant des couches plus ou moins espacées et parallèles aux faces prismatiques du cristal.

Les arrangements précédents de la pyrite et du calcaire concordent parfaitement avec les expériences de M. Beudant.

Mais l'inverse arrive aussi ; c'est-à-dire que les carbonates peuvent constituer une espèce d'*âme* pour des cristaux d'une autre nature. M. Beudant cite comme exemple la trémolite qui a cristallisé au milieu des dolomies. Haiÿ attribue le même arrangement à la mâcle trouvée, par M. Champeaux, dans les dolomies du Simplon, ainsi qu'à celle qui a été découverte par le géologue des Pyrénées, M. de Charpentier, dans le calcaire noir effervescent de Couledoux (vallée du Ger), et qu'il a reconnu depuis comme n'étant autre chose que de la couzérinite. Celle-ci s'est développée aux dépens de la roche calcaire ; M. Coquand cite même des échantillons dans lesquels ces couzérinites se trouvent mélangées avec des corps marins presque complètement oblitérés. Au surplus, le fait de ces emboîtements n'a plus rien qui puisse étonner les géologues, puisqu'ils en voient la reproduction fréquente dans les schistes argileux maclifères. Ils n'hésiteront par conséquent point à substituer d'épaisses bouillies plutoniques aux bouillies aqueuses des expériences de M. Beudant, afin d'expliquer d'après leur entourage, les phénomènes sus-mentionnés des Pyrénées, du Simplon et de Traverselle.

De quelques autres pseudomorphoses aqueuses et plutoniques des spaths.

XXII. Certains effets pseudomorphiques ont été décrits dans le § XX, mais si l'on tente d'aborder d'une manière plus générale le problème de ces transformations des espèces minérales, on s'aperçoit bientôt de la nécessité de le subdiviser en divers cas particuliers. Les causes agissantes étant variables, les résultats des opérations doivent naturellement différer en raison des milieux ambiants, et par suite, l'impossibilité d'une théorie unique saute bientôt aux yeux.

Malheureusement les pseudomorphoses n'ont pas toujours été soumises à des essais convenables ; on leur devait au moins

l'honneur d'un coup de chalumeau, et l'on a trouvé plus com- mode de s'en tenir aux caractères extérieurs si souvent trom- peurs. En outre, ici comme dans tant d'autres circonstances, les collecteurs de ces sortes de produits n'ont pas assez tenu compte de leurs associations; ils ne se sont presque jamais inquiétés de faire l'histoire de la localité, histoire qui ne peut guère se déduire de l'aspect des échantillons. Il est donc ar- rivé que l'on n'a pas séparé les phénomènes plutoniques d'a- vec les phénomènes aqueux, ni les effets de la fusion et de la liquation d'avec les effets de la dissolution et de l'entraînement par voie humide.

L'impossibilité de débrouiller complètement un pareil amal- game n'est cependant pas un motif pour demeurer dans une inaction absolue; il est permis de choisir certains faits pré- cis, et pour tenter un premier essai, je diviserai en trois grou- pes l'ensemble des résultats auxquels on est arrivé à l'égard des spaths. Le premier comprendra les pseudomorphoses dont l'étude est à faire sur de nouvelles bases; dans les deux au- tres, on réunira quelques phénomènes suffisamment détaillés pour se prêter à la discussion, en prenant simplement la pré- caution de les distinguer d'après leur cause aqueuse ou ignée.

Parmi les effets indéterminés et dont je ne veux pas entre- prendre ici la discussion, et qui doivent par conséquent con- stituer le premier groupe, je rangerai les conversions des for- mes spathiques suivantes, savoir :

Métastatique en pyrolusite : à Ilfeld au Harz, à Oehren- stock près Ilmenau en Thuringe.

Métastatique en hausmannite : à Oehrenstock.

Métastatique en manganite : à Oehrenstock.

Métastatique et rhomboèdres aigus en oligiste : au Brésoir près de Ste-Marie-aux-Mines, à Andréasberg, à Schméeberg, à Ilfeld, à Rothenberge en Saxe, etc., etc.

Métastatique et rhomboèdre en peroxide de fer : à Iserlohn, à l'Eisenberge en Westphalie.

Métastatique en hydroxide de fer : à Neuenbourg en Wurtemberg, à Bodenmais et à la mine de Arme-Hülfe, près de Hof en Bavière.

Métastatique et rhomboèdre aigu en carbonate de zinc : à Bristol, à Holywell et à Matlock.

Métastatique aigu, rhomboèdres obtus et aigus et prismes, en silicate de zinc : à Iserlohn, au Rammelsberg, à Tarnowitz, à Schemnitz et dans le Derbyshire.

Rhomboèdre contourné de la dolomie en silicate de zinc : à St-Andreasberg dans le pays de Siegen.

Rhomboèdre contourné de la dolomie en hydroxide de fer : à Geyer en Saxe.

Rhomboèdre obtus en pyrite : à Freiberg.

Rhomboèdre obtus en malachite : à Dillenburg.

Si l'on fait maintenant abstraction des dolomies rhomboédriques, on voit une grande prédominance des formes métastatiques et de leurs dérivés. Faut-il en conclure que cette forme est plus attaquable qu'une autre? ou bien ne serait-elle pas plus généralement un *produit premier* de la formation des filons, tandis que les autres formes proviendraient de préférence des *opérations secondaires* de leur remplissage? Ces questions sont à examiner dans les études que l'on fera à l'avenir sur les gîtes métallifères, car elles sont de nature à jeter un grand jour sur les causes de la variation des formes des spaths et sur la distribution de ces mêmes formes. On peut, à cet égard, revoir les aperçus qui ont été émis dans les considérations générales des §§ XVI, XVII et XVIII. Si l'on me demandait d'ailleurs de me prononcer d'une manière plus explicite, je n'hésiterais guère à déclarer que la forme métastatique est le produit le plus ordinaire de la cristallisation ignée des filons, et ma réponse serait motivée non-seulement sur une partie des résultats précédents, mais encore sur d'autres observations dont je n'ai pas cru devoir faire mention,

parce qu'elles n'ont pas encore acquis à mes yeux un caractère suffisant de généralité. Je n'émetts donc encore qu'une simple présomption, et je laisse à l'avenir le soin de la confirmer ou de l'anéantir.

Passons maintenant à quelques exemples de pseudomorphoses produites par la voie humide.

Depuis Bruckmann, en 1780, les minéralogistes ont eu de fréquentes occasions d'observer, dans les marnes sableuses keupériennes de la Westphalie, du Wurtemberg et de la Thuringe, des grès présentant à leur surface des configurations cubiques, et par conséquent essentiellement différentes des formes rhomboédriques de Fontainebleau. M. Puton en a aussi découvert dans les environs de Lunéville; ils sont de même très-communs dans les environs de Lyon, au Mont-d'Or, à Chessy, et à Blacet près de Villefranche; en sorte qu'il est à croire qu'avec un peu d'attention, on les retrouvera dans toute l'étendue de la ceinture triasique qui environne le massif de la France centrale. La formation première de ces saillies cubiques a été attribuée au sel gemme, et le reste se conçoit facilement à cause de la solubilité de cette substance. Pour les produire, il a suffi que le liquide qui a amené le limon calcaire-sableux ait été moins salé que celui dans lequel s'était façonnée la cristallisation préalable du chlorure: celui-ci a donc été redissous; sa place a été occupée par le limon, dont la consolidation a été déterminée par des parties calcaires; en un mot, ces pseudomorphoses sont de véritables moulages effectués dans des cavités abandonnées par le sel gemme. On conçoit encore tout aussi facilement que si, au lieu d'être uniquement calcaire, le ciment eût été composé de carbonate de chaux et de carbonate de magnésie, il se serait formé une pseudomorphose analogue, argilo-sableuse et à ciment dolomitique; les marnes à l'état simplement stratifié et offrant ce dernier genre de composition abondent d'ailleurs dans le

système keupérien, et l'on en donnera plusieurs analyses quand on abordera l'étude des roches dolomitiques.

Les détails précédents ne font cependant connaître que l'état le plus ordinaire de ces reliefs ; il arrive aussi que la partie marneuse n'en est pas l'élément essentiel ; le ciment devenant prédominant ou même à peu près exclusif, on a des cristaux de calcaire ou de dolomie qui affectent la forme trompeuse du cube. J'en ai trouvé de ce genre à Chessy, et M. Haidinger en a signalé divers exemples dans son beau travail sur les pseudomorphoses. Parmi ceux-ci, il en est qui proviennent de la Hesse, et dont les cubes, affectant la disposition en escalier si habituelle au sel, sont entièrement remplis de calcaire compacte ; d'autres cubes, inclus dans le terrain salifère de Soovar, présentent une complication plus grande, car ils sont comprimés, déformés, et de plus leur extérieur se compose d'une croûte de cristaux dolomitiques, tandis que leur partie centrale est entièrement occupée par un seul cristal de gypse. A Gæssling (Autriche), ces mêmes cristaux gypseux, déformés par la pression du limon, ont leurs cavités tapissées à la fois de dolomie et de quartz. Enfin, à Hall (Tyrol), on peut collecter des suites dont le premier terme serait représenté par des cubes entiers, solides ; puis viendraient des squelettes plus ou moins cariés, et finalement l'autre extrémité de la série serait figurée par des cavités totalement vides, de telle sorte qu'on peut supposer une opération qui se continue encore de nos jours. Dans tous les cas, les choses se sont évidemment passées, comme si du sel avait cristallisé sur ou dans le limon keupérien à l'époque de sa formation ; les eaux d'infiltration, traversant ensuite ce limon, ont dissous le sel, en substituant à sa place le gypse, le calcaire, la dolomie et la silice, dont elles pouvaient facilement puiser les éléments dans les couches voisines, ou bien elles ont laissé un simple vide, quand il ne leur a pas été possible de se sursaturer de ces substances.

Cependant le cas inverse s'est aussi présenté, et ce fait curieux a été signalé par M. Léonhard, dont la riche collection renferme du sel gemme, venant probablement de Wic-litska, et affectant la forme rhomboédrique de la dolomie. Une certaine quantité d'argile rend le sel impur à l'intérieur, mais il se montre pur et transparent vers les angles; les faces de ces cristaux sont creuses dans le milieu, rudes, inégales, et offrent quelques rudiments confus de gradins; enfin, dans certains cas, ils sont recouverts d'une croûte de polyhalite.

Cette réciprocité d'effets aura sans doute commencé à mettre en évidence les réactions variées par lesquelles les terrains salifères, ou mieux encore les terrains triasiques, ont passé avant de se produire à nos yeux dans leur état actuel. Quoi de plus naturel d'ailleurs? Serait-il permis de supposer qu'un mélange hétérogène de chlorure de sodium, de gypse, de calcaire, de dolomie pure ou ferrifère, ait pu subsister en présence de l'eau, de l'oxygène et de l'A. carbonique atmosphériques, sans subir les dissolutions et toutes les réactions qui sont les conséquences de ce rapprochement? Mais n'anticipons pas sur les effets généraux, dont la place se trouvera plus naturellement ailleurs, et contentons-nous pour le moment de rappeler que les expériences de MM. Mitscherlich et L. Gmelin ont démontré qu'il suffit de faire passer une solution de sulfate de chaux sur de la dolomie, pour la désagréguer et en enlever la magnésie, qui passe à l'état de sulfate; le résidu calcaire devenu spongieux donne ensuite facilement prise aux autres causes dissolvantes, en sorte qu'il peut ne rester qu'un simple vide. Si donc aux liquides précédents il en succède d'autres qui sont salifères, le sel aura bien pu cristalliser dans la cavité et former les pseudomorphoses de M. Léonhard. Si ces mêmes eaux contiennent les éléments nécessaires pour former la polyhalite, c'est-à-dire des sulfates de potasse, de chaux, de magnésie, de fer et des chlorures

de sodium et magnésium, les écorces sus-mentionnées de ce sel complexe ont également pu se constituer. En dernière analyse, on dira qu'en cela tout dépend de l'espèce des sels charriés par les eaux, du degré variable de saturation de celles-ci, ainsi que du temps. Tout en accordant que celui-ci ne manque pas à la nature, on accordera aussi que la composition hétérogène des terrains salifères, s'est largement prêtée à la composition des pseudomorphoses dont il lui a plu de les orner, comme pour nous montrer tout ce qu'elle sait produire avec le seul jeu des affinités. Elle a trouvé tous ses matériaux dans le milieu ambiant, et les eaux douces qui en traversent maintenant tantôt une partie, tantôt une autre, ou même les diverses parties simultanément, ne font que modifier un équilibre primitivement établi par le régime chimique des anciennes eaux salées, régime bien différent de celui des réactions atmosphériques de notre temps.

Le troisième groupe des pseudomorphoses doit comprendre celles qui ont été effectuées par des causes plutoniques; mais comme il s'agit ici d'une application nouvelle de la surfusion, il est à propos de partir des faits déjà connus. On se rappellera donc les remarquables emboîtements du Pont-la-Terrasse, décrits dans le § XXI et indiqués par la fig. 43. Ils démontrent incontestablement une cristallisation contemporaine de ces deux substances minérales.

Pendant toutes les cristallisations des spaths de ce filon ne se sont pas effectuées par alternances avec le quartz comme dans le cas précédent. Un singulier pseudo-cristal, fig. 44, déjà signalé par M. Drian, établit aussi que la matière spathique a pu cristalliser seule. Il se compose en effet d'une grosse pyramide trièdre, curviligne, striée en chevrons sur chaque face, la pointe du chevron étant tournée vers la base; son angle solide offre un petit sillon qui se prolonge sur une partie des trois arêtes. Ces sortes de pyramides, dont le port

se rapproche assez bien de celui de la variété *inverse* du calcaire, se détachent facilement de la cavité dans laquelle elles sont comme moulées ; mais du côté de leur base, elles font corps avec le reste de la masse quarzeuse. Au premier aspect, leur apparence est entièrement siliceuse ; cependant, en y regardant de près, on voit que leur intérieur est pénétré de lamelles spathiques irrégulièrement disséminées, et dont la quantité est très-sensiblement moindre que celle de la silice, qui d'ailleurs devient presque pure vers les surfaces. Ce désordre, ainsi que la disparition du clivage dont l'ancienne existence est néanmoins décelée par les stries en chevrons, ne permettent pas de croire que le spath ait maîtrisé la cristallisation de la gangue, comme on peut le supposer pour le cas indiqué par la fig. 43, ou mieux encore, comme cela est arrivé pour le grès de Fontainebleau. Tout porte, au contraire, à voir ici une épigénie dans laquelle le quartz a déplacé plus ou moins complètement la matière d'un cristal de spath déjà constitué.

En admettant l'exactitude de cette conclusion, il reste une grande difficulté à vaincre ; car enfin comment un spath a-t-il pu cristalliser au milieu d'un quartz en fusion et avant ce quartz, si peu fusible d'ailleurs ? En supposant même la consommation de cet acte, comment le quartz a-t-il pu déplacer ce qu'il a laissé se former dans son sein ?

La voie humide résoudrait facilement ces difficultés. Ne voit-on pas la silice gélatineuse, sous la forme de demi-opale et de calcédoine, remplacer les cristaux calcaires noyés dans l'écume de mer de Valléas près de Madrid ; la cornaline produire le même effet à Chemnitz (Saxe) ; la prase à Breitenbrunn (Saxe) ; le jaspé dans le district de Schnéeberg, et le quartz proprement dit à Przibram, à Mies, à Schnéeberg, à Schemnitz, à Munsterthal, etc. ? Ces pseudocristaux sont souvent creux ; leur surface est quelquefois très-rude, même hé-

rissée d'embryons quarzeux ; la portion spathique restante est poreuse , comme cariée par un acide , et ces épigénies dérivent indifféremment du calcaire , de la dolomie , du spath brunissant ou du fer spathique ; car on a des exemples palpables de toutes ces origines.

Les gradations si bien ménagées dans les exemples précédents ne sont-elles pas l'expression la plus saisissante d'un phénomène purement aqueux ? Ne doit-on pas en conclure que la silice dissoute par l'intermède de l'eau aiguisée d'un peu d'A. carbonique , par exemple , et amenée au contact du spath , se substitue aux molécules de celui-ci , au fur et à mesure qu'elles sont enlevées par le dissolvant ? La silice , précipitée d'abord à l'état gélatineux , s'endurcit avec le temps en calcédoine , ou bien elle cristallise en petits prismes hyalins , qui hérissent les surfaces pseudomorphiques ; en un mot , l'opération marche pour ainsi dire d'elle-même , et tout le raisonnement à faire dérive de ce qu'il y a de plus simple et de plus élémentaire dans la chimie.

Cette simplicité me porte en effet à croire que la nature a souvent procédé de cette manière , tandis que d'un autre côté , l'ensemble des phénomènes , qu'il ne faut jamais perdre de vue , m'empêche d'admettre qu'il en a été ainsi dans le cas présent ; et voici quelles ont été , à mon avis , les diverses phases de l'opération.

La silice demcurait surfondue pendant que le calcaire , noyé dans sa masse , cristallisait çà et là. L'instant de la solidification du quartz arrive à son tour ; elle a lieu avec le dégagement de calorique qui survient habituellement dans ce cas. Cette quantité de chaleur , mise en liberté , a suffi pour déterminer la fonte du calcaire , qui était naturellement dans un état très-voisin de son point de fusion ; le calcaire liquaté a été réabsorbé dans les pores de la masse quarzeuse ambiante , puis disséminé au loin par les effets de la capillarité ,

favorisés par la durée du refroidissement. En même temps, des portions de quartz encore liquides se sont mises en mouvement pour remplir les vides formés et pour constituer la pseudomorphose en question.

Un énoncé aussi succinct exige naturellement quelques commentaires, afin de prévenir diverses objections. On peut dire, par exemple, que quand un corps surfondu, tel que l'eau, vient à se congeler, cette congélation a lieu simultanément dans toute la masse, en sorte que le remplissage des cavités susdites deviendrait par cela même impossible. La réponse à ce premier argument est facile à trouver, quand on s'est un peu familiarisé avec les phénomènes de la fusion; car alors on ne perd plus de vue un fait d'une haute importance, savoir : le genre de liquidité propre aux diverses substances. Les unes, telles que l'eau et les métaux, jouissent d'une fluidité qui indique une extrême liberté dans le jeu des molécules; aussi n'est-on pas surpris quand on voit un effet de cristallisation, commencé en un de leurs points, s'étendre dans tout leur ensemble avec la rapidité de l'éclair. D'autres matières possèdent au contraire une fluidité visqueuse; les molécules sont alors comme si elles étaient dans un état de dépendance réciproque telle, qu'elles ne jouissent pas de la liberté de pivoter librement autour de leurs axes, et par suite la cristallisation commencée d'un côté ou de l'autre peut se propager avec lenteur. Or, le quartz est doué au plus haut degré de cette liquidité imparfaite. Elle a été mise en évidence d'une manière directe par les expériences de M. Gaudin; elle se traduit indirectement dans la manière de couler des verres, des laitiers et de la plupart des autres silicates, et dès lors rien de plus aisé à concevoir que la lente transmission de la cristallisation invoquée précédemment.

Il n'est même pas nécessaire de s'en tenir aux hypothèses à cet égard; les verres que l'on dévitriifie artificiellement, ou qui

se dévitrifient spontanément, présentent à chaque instant des intercalations de parties vitreuses et de parties cristallines. Quelques-unes de celles-ci sont, il est vrai, des *cristallites* effectuées par des combinaisons spéciales, résultant de l'élection de divers éléments du magma vitreux ; mais dans d'autres cas aussi, c'est la réunion de tous les éléments du verre qui tend à s'arranger cristallographiquement, et alors il est facile de trouver des centres encore vitroïdes au milieu de parties devenues fibreuses ou lamellaires. Partant de là, je ferai remarquer en passant que ces avances et ces retards qui peuvent se manifester dans l'étendue d'un même gîte, rendront raison des deux cas, fig. 43 et fig. 44, provenant du filon du Pont-la-Terrasse. L'un des échantillons prouve que la cristallisation du quartz a été postérieure à celle du spath ; l'autre, par ses alternances de lames quarzeuses et spathiques, établit au contraire que les deux opérations cheminaient de concert. C'est qu'aussi les positions de chacun d'eux n'étaient pas les mêmes, et que par suite ils ont dû subir les influences différentes des milieux subsidiaires dans lesquels ils se trouvaient placés.

Une autre objection est relative à la quantité de calorique nécessaire pour provoquer la refonte du spath. On conçoit en effet que si une masse cristallise subitement, elle peut dégager une grande quantité de calorique. Mais en sera-t-il de même dans le cas de ces solidifications lentes et graduées que j'invoque ? A cette demande on peut répondre que le spath était maintenu dans un état tellement voisin de son point de fusion, qu'un très-minime surcroît de chaleur a suffi pour le ramener dans l'état de fluidité nécessaire à la liquation et à la diffusion par capillarité. D'un autre côté, les corps, en cristallisant, dégagent d'autant plus de calorique que leur point de surfusion est descendu plus bas ; car, quel que soit ce degré, un thermomètre que l'on y aurait plongé, remonte subitement à

celui de la liquéfaction du corps. Ainsi, l'eau refroidie à 12° revient à 0° ; le phosphore qui se fond à 43° centig. et qui a été refroidi jusqu'à 37° , s'échauffe de nouveau à 42 ou 43° . L'oxide de titane, fondu avec une certaine proportion de soude, cristallise bientôt après que l'on a cessé de soutenir le feu, en dégageant une si grande quantité de calorique que le globule rougit jusqu'au blanc. Le phosphate de plomb qui, après sa fusion, donne un bouton couvert de facettes, manifeste une ignition du même genre, quoiqu'elle ne soit pas tout-à-fait aussi vive que dans le cas précédent. Certains alliages d'or et d'argent, après être revenus au rouge cerise, se mettent au moment critique dans un état comme phosphorescent, et pendant la durée duquel ils reprennent la couleur verte, avec toutes les autres apparences propres à l'alliage dans l'état de fusion parfaite. Or, puisque tout démontre que le quartz peut demeurer surfondu à une température très-basse comparativement à celle de son point de fusion, rien n'empêche de lui attribuer de même la faculté de laisser revenir à l'état sensible une très-grande quantité de calorique latent, en sorte qu'il y aura toujours, en un point donné, une quantité de chaleur suffisante pour provoquer l'effet voulu. A chaque petit cristal qui se forme, ce cristal, aussi bien que la silice encore liquide, doit être échauffé, et continue à s'échauffer de plus en plus par la cristallisation d'une nouvelle quantité de silice, jusqu'à ce qu'enfin le tout soit arrivé exactement au degré de la solidification ; il est presque inutile d'ajouter que la qualité faiblement conductrice des roches ambiantes, contribuera à favoriser la prolongation de ces effets, à faciliter d'autant la résorption de la dolomie, et à augmenter par suite leur diffusion.

Par sa tendance à se maintenir à l'état de surfusion, le quartz doit sans contredit être rangé parmi les corps les plus aptes à se prêter aux substitutions pseudomorphiques, du genre de

celles dont il vient d'être fait mention. Cependant la stéatite $2 \text{ Mg Si}^3 + \text{aq.}$ paraît encore devoir le dépasser sous ce rapport. Ce silicate magnésien, comme les autres corps de la même famille, est en effet peu porté à la cristallisation, et l'on en a une preuve dans la texture purement céroïde qu'affectent la plupart des serpentines. Il est donc naturel de lui voir reproduire les phénomènes déjà mentionnés à l'égard de la silice. Aussi M. Blum a pu recueillir un très-grand nombre de ces conversions de divers minerais en stéatites; en voici la nomenclature : Dolomie à Gœpfersgrun près de Wunsiedel et à Marlborough dans le Vermont. Spinelle à Newton dans le New-Jersey, et dans la vallée de San-Pellegrin en Tyrol. Quartz à Gœpfersgrun, à Newton, à Middlefield dans le Massachusset, à Olomutschan en Moravie, à Zinnwald, à Altenberg, à Ehrenfriedersdorf. Andalouzite à Lisens dans le Tyrol. Topaze à Ehrenfriedersdorf. Pycnite à Zinnwald. Feldspath à Carlsbad, à Ehrenfriedersdorf, à Johann-Georgens-tadt, au Raubschlosschen près de Weinheim, à Niederchona près de Freiberg. Mica au Monzoni, à Thiersheim. Rubellan à Schima en Bohême. Wernerite à Newton, à Ersby et à Pargas. Tourmaline, à Hradisko en Moravie et à Thiersheim. Grenat à Rezbanya. Idocrase à l'alpe de la Mussa, à Bergen dans le gouvernement d'Orembourg, au Monzoni. Augite au Monte-Baldo, à Fassa, au Riesenberg près d'Eybenstock, au Lutzelberg dans le Kaisersthal, etc. Quelques-unes de ces nombreuses pseudomorphoses devront être rapportées à de simples effets de kaolinisation, et cette conjecture est d'autant plus fondée que toutes n'ont pas été étudiées à fond par les moyens analytiques, et qu'on s'en est rapporté le plus souvent à la similitude qui existe entre la plupart des caractères physiques des stéatites et des hydrosilicates d'alumine. Je puis même avancer que les spinelles ou pléonastes du Monzoni dans le Tyrol, sont très-probablement des squelettes

poroux , abandonnés après l'épuisement de toutes les parties attaquables par les agents atmosphériques , ainsi que cela arrive dans l'altération des feldspaths et autres minerais analogues. En effet un fragment d'un très-bel échantillon cristallisé qui m'a été envoyé par mon collègue M. P. de Filippi, conservateur du musée de Milan, a fourni, avec le nitrate de cobalt, une fritte bleue et nullement rose comme l'est celle de la craie de Briançon, et d'un talcschiste du Salzbourg, que j'ai soumis à des essais comparatifs. Ce pléonaste altéré du Monzoni, mis pendant quelque temps dans de l'eau bouillante pour expulser l'air de ses pores, donne encore des traces d'effervescence, par l'addition d'un acide, ce qui indique la présence d'un carbonate ; la matière s'attaque en outre par l'action prolongée de l'A. sulfurique, de manière à laisser un résidu gélatineux et transparent comme l'hydrophane. Enfin celui-ci, traité par la soude, se dissout instantanément au premier coup de chalumeau, et la perle, reprise par un acide, laisse un dépôt de silice gélatineuse. Ces octaèdres pseudomorphiques de Fassa ont d'ailleurs été analysés par M. J. Stadler, et les résultats auxquels il est parvenu sont assez remarquables pour mériter d'être mis en regard de l'analyse du pléonaste par M. Abich.

	Pléonaste du Monzoni.	Octaèdres altérés.
Silice	1,23	37,5
Alumine	66,89	15,7
Magnésic	23,61	25,8
Chaux	»	8,7
Pr. de fer	8,07	4,6
Ox. de manganèse.	»	1,7
Eau	»	6,0
	<hr/>	<hr/>
	99,80	100,0

L'inspection de ces chiffres démontre suffisamment qu'il n'y a aucun rapprochement direct à établir entre les deux substances auxquelles ils se rapportent, et si les octaèdres

sont réellement des pléonastes décomposés, il faut ajouter qu'il y est entré des substances étrangères. En tout cas, comme il n'y a point là le silicate magnésien simple que l'on suppose, je m'en tiendrai, dans ce qui va suivre, aux épigénies de Gœpfersgrun et de Thiersheim, qui se rapportent réellement aux stéatites, et qui appartiennent en propre aux phénomènes plutoniques.

D'après les observations très-précises de M. Blum, le gîte de cette stéatite est évidemment limité, d'un côté, par un micaschiste, et probablement de l'autre côté, par un banc de calcaire grenu; on l'a suivi à l'aide de puits poussés jusqu'à 16 ou 20 mètres de profondeur au travers du micaschiste, qui, à l'approche de la stéatite, semble s'y lier par divers passages, ainsi que par des espèces de filons de cette substance. On y trouve en outre des veinules et des filons de quartz, de dolomie; des nids d'un idocrase analogue à l'égerane, minéral maintenant bien reconnu comme appartenant aux formations ignées et surtout aux terrains métamorphiques. Le calcaire grenu est lui-même graphiteux en divers points. Enfin à Thiersheim un filon de granit ou de pegmatite avec grenats, tourmalines et émeraudes, surgit au milieu du calcaire, comme pour fournir un nouvel argument en faveur des actions calorifiques dont la contrée a été le théâtre. Il est seulement à regretter que ces données ne soient pas suffisantes pour permettre de décider si la stéatite est réellement en filon, ou si elle n'est autre chose qu'une masse métamorphique.

C'est dans la stéatite que l'on trouve quelques *métastatiques*, et surtout des *rhomboèdres* ayant quelquefois leurs faces planes, mais le plus souvent courbées en *bords de chapeau*, qui sont si caractéristiques pour la dolomie. A côté d'eux, on voit des formes douées non-seulement des angles du quartz, mais encore de ces stries qui sillonnent transversalement les pans de ses prismes. La matière de ces pseudo-cristaux est

essentiellement la même que celle de leur gangue. Comme l'a dit Haiiy, « elle en partage tous les caractères, la couleur blanc jaunâtre, l'onctuosité au toucher, la propriété d'acquérir une forte électricité résineuse par le frottement lorsqu'elle est isolée, et celle de communiquer à la cire d'Espagne l'électricité vitrée, lorsqu'elle sert elle-même de frottoir. » L'état cristallin de cette stéatite est peu développé, et une analyse de Klaproth, confirmée par celles de Brandes et de Bucholtz, donne pour résultats :

Silice	59,5	} 100,0
Magnésie.	30,5	
Ox. de fer	2,5	
Eau	5,5	
Perte	2,0	

Elle est donc identique à la craie de Briançon analysée par Vauquelin. L'eau de ce composé a aussi été l'objet de quelques recherches particulières de M. Lychnell. Ayant desséché ce minéral dans le vide à côté de l'A. sulfurique, il le trouva complètement anhydre; mais, comme l'a fait observer M. Haidinger, il est probable qu'il a produit par ce moyen énergique une véritable pseudomorphose artificielle; il en est de même pour le sel de glauber, qui, devenant aussi anhydre dans les mêmes circonstances, ne représente par conséquent plus l'état naturel de la substance. On serait donc d'après cela parfaitement libre d'admettre l'existence de l'eau combinée dans la stéatite, comme l'ont fait les divers minéralogistes, et récemment encore M. Delesse dans les améliorations essentielles qu'il a apportées aux analyses de ces substances.

En général, il n'y a pas d'état intermédiaire entre les cristaux de dolomie épigénisés et ceux qui ne le sont pas; cependant le même gîte renferme des dolomies privées de leur

fraîcheur ordinaire, et de plus des dolomies compactes, liées à des agrégats de cristaux déjà modifiés par un passage à la stéatite. Cependant ces dernières masses devenant ochracées et même brunâtres, par suite d'un commencement d'altération, on peut se refuser à les regarder comme étant de véritables carbonates calcaréo-magnésiens, et on les considérera, si l'on veut, comme appartenant à du fer spathique ; mais au bout du compte, la difficulté restant la même, il n'y a pas lieu à s'arrêter à cette circonstance.

Le passage du quartz à la stéatite est plus évident, mais seulement dans les quartz rayonnés et compactes qu'elle renferme en même temps que les cristaux. Ce minerai devient alors terne, blanc, très-fragile, et il se laisse rayer par une pointe d'acier, en produisant une fine poussière.

Les théories se sont multipliées pour expliquer ces formations : les uns ont voulu que ces cristaux fussent ceux de la stéatite elle-même ; cette hypothèse n'était pas soutenable, à cause de l'incompatibilité des formes ; d'autres ont admis des mélanges qui auraient cristallisé à l'instar du grès de Fontainebleau ; mais Haüy a objecté avec raison que les rhomboèdres devraient produire une effervescence quand on les traite par un acide, tandis qu'il ne s'en manifeste aucune. On a encore proposé des actions chimiques que l'on discutera tout-à-l'heure ; enfin quelques minéralogistes ont cru devoir considérer ces cristaux comme étant des produits de moulage dans des cavités abandonnées par d'autres cristaux préexistants, et M. Landgrèbe regarde cette dernière opinion comme étant la plus probable. Il restait alors à trouver la cause de ce départ et de ce remplissage, et évidemment les actions aqueuses étaient encore insuffisantes, car, avant de dissoudre un quartz, le dissolvant quelconque aurait dû attaquer la stéatite environnante, qui, dans tous les cas, paraît devoir être bien plus apte à se prêter à des actions de ce genre.

Faisons observer maintenant que si l'on veut raisonner dans l'hypothèse d'une véritable épigénie par la voie chimique, il faut supposer que la dolomie $\text{Ca C}^2 + \text{Mg C}^2$, pour passer à l'état de stéatite $2 \text{Mg Si}^3 + \text{aq}$, a perdu son calcaire et son acide carbonique, qui auraient été remplacés par de la silice et de l'eau, $\text{Si}^3 + \frac{\text{aq}}{2}$. D'un autre côté, il se serait porté sur les cristaux Si^3 des quartz voisins, de l'eau et de la magnésie, $2 \text{Mg} + \text{aq}$. Ainsi donc, un liquide quelconque, pour être capable de produire ces pseudomorphoses, doit, indépendamment de l'eau, apporter de la magnésie au quartz, et de la silice à la dolomie, en lui enlevant son calcaire ainsi que son acide carbonique. A cette complication d'actions déjà fort grande en elle-même, il faut ajouter encore la difficulté de concevoir comment un simple hydrate de magnésie se serait combiné à la silice cristallisée, corps généralement peu attaquant à froid; enfin si, pour faciliter ces réactions, on veut faire concourir l'action de la chaleur, on s'expose à des embarras bien autrement grands, car alors, s'il y a pression, l'A. carbonique n'abandonnera pas la dolomie pour faire place à la silice; si au contraire la pression manque, l'eau se dégagera et il n'y aura plus de stéatite; ou bien il se produira encore d'autres réactions complexes entre les gangues, les cristaux et les éléments supposés charriés dans la roche par le fluide inconnu dont on invoque l'intervention.

Cette discussion m'amène, bien malgré moi, à dire quelques mots d'une théorie de la stéatite qui a été récemment proposée par M. Delesse. Cet habile chimiste fait observer avec raison que la présence d'une quantité d'eau notable entrant comme partie constituante de cette roche magnésienne, est un fait important sous le point de vue géologique, et duquel on doit nécessairement tenir compte dans toutes les hypothèses qu'on peut faire pour en expliquer l'origine. Il ne croit pas qu'elle puisse être le produit d'une action plutonique propre-

ment dite, analogue à celle qui a donné naissance aux granits et aux porphyres ; mais comme cette eau se dégage à la chaleur rouge, rien n'empêche de concevoir que la stéatite ait été formée par une action volcanique, c'est-à-dire par une action mixte, à la fois aqueuse et ignée.

Le mode de gisement de la roche en question, et des roches talqueuses en général, le conduit cependant à penser que l'action a dû être toute différente de celle qui existe de nos jours ; aussi suppose-t-il d'abord qu'à des dégagements de vapeur d'eau, sont venues se joindre des émanations magnésiennes, et que les stéatites, après avoir pris naissance dans l'intérieur de la terre, sont apparues complètement constituées et à la manière des roches ignées. Cette hypothèse paraît ensuite trop hardie à M. Delesse, à cause de l'infusibilité de la stéatite, et surtout à cause de la stratification attribuée par divers observateurs aux schistes talqueux, et aussi à cause de leur intercalation fréquente dans des terrains stratifiés. Il préfère donc admettre que les schistes, les gneuss talqueux ou stéatiteux, la protogine et toutes les roches analogues, ont été formés par la voie du métamorphisme à la manière des dolomies. En d'autres termes, elles auraient été produites par des émanations magnésiennes, aqueuses, et analogues à celles qu'émettent les volcans en activité, ou peut-être même simplement par l'action de dissolutions chargées de sels de magnésie, ainsi que cela paraît avoir eu lieu pour les dolomies en couches. A cette action se serait jointe celle de la chaleur, soit qu'elle fût intervenue postérieurement, soit, ce qui est beaucoup plus probable, qu'elle eût accompagné les émanations magnésiennes ; et c'est en définitive à cette dernière idée que s'arrête M. Delesse, comme étant à peu près la seule qui puisse rendre compte de la présence de l'eau, de la stratification et des relations de ces roches, qui leur assignent une origine à la fois aqueuse et ignée.

En reprenant actuellement ces indications diverses, on peut dire, d'abord, que rien n'empêche au besoin de concevoir que les stéatites sont des roches plutoniques proprement dites, et cela parce que l'eau de combinaison se serait trouvée retenue dans ces masses par les effets combinés de l'affinité et de la pression, tout comme cela est arrivé pour l'A. carbonique des carbonates qui y sont encore inclus. La distinction en formations plutoniques et volcaniques est donc inutile sous ce rapport, et il est à croire que si des laves étaient bien encaissées, au lieu de se répandre à la surface, elles retiendraient également des quantités plus notables de cette eau, qu'elles perdent par les fumerolles.

En second lieu, on peut supposer avec divers géologues, tant anciens que modernes, que cette eau a contribué à augmenter la fusibilité du produit. En tous cas, la fusion aquosolignée de la stéatite aussi bien que celle des laves, peut être admise sans qu'il soit nécessaire de recourir aux émanations de vapeur d'eau et de magnésie, qui se seraient combinées souterrainement avec une pâte siliceuse avant que l'ensemble n'eût surgi à la surface. Que pourrait-on m'objecter si, opposant à la théorie précédente une théorie du même genre, il me plaisait de soutenir qu'une masse de magnésie existait, et que des émanations siliceuses sont venues en faire une stéatite? On s'étaie de la formation analogue des dolomies, mais celle-ci demande elle-même à être appuyée, et avant de chercher à fabriquer de la stéatite avec des vapeurs magnésiennes, n'aurait-il pas été convenable d'établir qu'une pareille fabrication de dolomie a eu lieu dans un coin quelconque de la nature? N'est-il pas plus simple de dire que les éléments, eau et magnésie, étaient combinés avec la silice dans la stéatite, tout comme la potasse et le fluor dans le magma d'un granit, et qu'ensuite l'une comme l'autre de ces roches est arrivée à la surface par l'effet d'une secousse quelconque?

En troisième lieu, il n'y a aucun rapprochement direct à établir avec les protogines qui sont disposés en filons dans les schistes des Alpes abusivement appelés *talqueux*. Si ces schistes, comme tous les autres schistes argileux, peuvent contenir de la magnésie, ainsi que cela est maintenant établi par les belles recherches de M. Sauvage, il faut ajouter qu'ils sont en même temps très-alumineux et qu'ils diffèrent complètement en ceci des stéatites, qui sont des silicates simplement magnésiens. Quant aux protogines, ce sont des roches granitoïdes, très-feldspathiques, quarzifères, très-bien caractérisées, et encore moins magnésiennes que les schistes. Elles sont purement éruptives, et si elles paraissent quelquefois se lier aux schistes, c'est par des effets de contact pareils à tous ceux qui se manifestent partout où les métamorphismes abondent.

Concluons donc que la formation de la stéatite par des pénétrations magnésiennes survenues *à posteriori* dans des roches préexistantes, n'est jusqu'à présent que bien faiblement appuyée par les considérations théoriques ainsi que par les faits d'observation, et qu'en définitive, la théorie la plus plausible pour expliquer les pseudomorphoses stéatiteuses de la dolomie et du quartz, est encore celle qui a été proposée précédemment à l'occasion des pseudomorphoses quarzeuses. La seule incertitude qui puisse encore régner dans la question, est celle de savoir si ces stéatites sont purement éruptives, ou si elles sont des résultats métamorphiques. Dans le premier cas, on concevra ces roches comme formées de toutes pièces dans le sein de la terre; dans le second, on pourra s'en tenir à une transformation de quelques bancs de magnésite par une action très-simple de chaleur, ou bien on sera libre de recourir aux effets d'épuration cristalline, dont j'ai suffisamment traité à l'occasion du gisement de Ste-Marie-aux-Mines (*Bullet. géol.*, 2^{me} série, t. IV); dans l'une et l'autre circonstances, les cris-

taux de quartz et de dolomïe existaient , et ils ont été enlevés ensuite par les causes indiquées. La production de ces divers effets ne demande pas plus de chaleur qu'il n'en faut pour convertir le carbone en graphite ; le carbone est même moins fusible que la stéatite ou que le quartz , et pourtant , M. Elie de Beaumont n'a pas hésité à expliquer la formation du graphite du Chardonnet aux dépens de l'anthracite fortement échauffé par les épanchements des roches feldspathiques. J'ose croire que sa théorie ne sera pas modifiée, ni pour le cas de la formation des graphischistes de Ste-Marie-aux-Mines , ni pour celui des calcaires graphiteux des environs de Wunsiedel , et c'est précisément dans les mêmes localités que gisent les masses de serpentine et de stéatite en litige.

Pour terminer , je ferai encore remarquer que si le principe de la surfusion est admis à l'égard des roches stéatiteuses , on sera amené à cette conséquence , qu'elles sont capables de demeurer dans cet état de surfusion encore plus long-temps que la silice. Cette donnée est importante pour l'histoire des roches plutoniques en général et pour celle des serpentines en particulier ; mais comme son développement me jetterait fort loin des dolomies , il est plus convenable de s'en occuper dans une autre occasion.

Lu dans la séance du 27 février 1846.

(Extrait des *Annales de la Société royale d'agriculture , histoire naturelle et arts utiles de Lyon.* — 1847.)



