

SUR LA MICROSTRUCTURE

DE

QUELQUES PRODUITS DE FUSION DU QUARTZ

PAR

A. Renard, S. J.

Extrait des *Annales de la Société Belge de Microscopie*, t. V, *Mémoires*

BRUXELLES

H. MANCEAUX, LIBRAIRE-ÉDITEUR

IMPRIMEUR DE L'ACADÉMIE ROYALE DE MÉDECINE DE BELGIQUE

Rue des Trois-Têtes, 12 (Montagne de la Cour).

1880

SUR LA MICROSTRUCTURE

DE

QUELQUES PRODUITS DE FUSION DU QUARTZ

PAR

A. Renard, S. J.

Extrait des *Mémoires de la Société Belge de Microscopie.*

Ces observations microscopiques sur la structure de quelque produits quartzeux vitrifiés furent faites en vue d'éclaircir l'origine d'un fragment pierreux recueilli à Tongres, il y a quelques mois, et auquel on attribuait une origine extra-terrestre. Je pense qu'il n'est pas hors de propos de faire connaître ici les circonstances, qui me déterminèrent à m'occuper de la soi-disant météorite de Tongres. Les détails dans lesquels j'entrerais permettront d'apprécier l'attitude que j'ai prise dans cette discussion; ils indiqueront quelle est l'interprétation à laquelle on doit s'arrêter relativement à l'origine et à la nature minéralogique de ces échantillons réputés cosmiques.

Il y a quelques semaines, j'appris par M. Vanden Broeck qu'on avait recueilli à Tongres, deux mois auparavant, des fragments de pierre auxquels on attribuait une origine cosmique. On assurait qu'après un orage des témoins de la chute de ce météore avaient ramassé les pierres au point où ils avaient vu tomber la foudre.

Désireux d'avoir à ce sujet des renseignements plus détaillés, j'écrivis à M. Lamine de Tongres, entre les mains duquel se trouvaient les fragments que l'on avait recueillis. Il eut l'obligeance de m'en faire parvenir une toute petite esquille, d'un centimètre à peine, tout juste ce qu'il me fallait pour en faire une préparation microscopique en lame mince. En même temps, M. Lamine me fournissait des indications assez détaillées sur les circonstances dans lesquelles on avait trouvé les échantillons. La simple inspection de cet éclat, malgré l'affirmation des témoins qui attestaient avoir vu tomber la pierre, me convainquit qu'elle n'avait point l'origine extra-terrestre qu'on lui prêtait. Elle ne montrait pas la moindre analogie de structure ou de composition avec les types de météorites signalés jusqu'aujourd'hui. Le fragment taillé en lame mince était exclusivement composé de grains de sable plus ou moins fondus sur les bords, criblés de bulles d'air et cimentés par une matière vitreuse, produit de la fusion partielle des grains de quartz. Je reviendrai bientôt plus au long sur ces détails de structure ; il suffit de les avoir indiqués tels que je les observai sur le seul échantillon que j'avais à ma disposition.

Les renseignements que je possédais au moment où je fis ce premier examen étaient incomplets ; mais il paraissait ressortir cependant de tout ce que j'avais appris que l'échantillon, que je découvrais être formé de grains de sable agglutinés par une fusion partielle, avait été incontestablement ramassé au point où on avait vu tomber la foudre. On me donnait ce détail avec des affirmations réitérées. Aussi, quoique j'eusse d'abord écarté l'hypothèse d'une origine cosmique, je pensai

un moment que les fragments de grès vitrifiés, dont je ne connaissais alors ni la dimension ni les caractères macroscopiques, avaient peut-être été fondus au passage de l'éclair. On connaît, en effet, de nombreux exemples de grès dont la surface est vitrifiée par la foudre, et les fulgurites, dont nous parlerons plus bas, sont à cet égard incontestablement les formations les plus intéressantes. Si les fragments pierreux ne sont pas une scorie, me disais-je, peut-être pourraient-ils bien n'être que du sable agglutiné sous l'action de la chaleur de l'éclair. Mais pour me prononcer sur ce point il était indispensable de voir les caractères macroscopiques d'échantillons beaucoup plus grands, que possédait M. Lamine ; il était nécessaire aussi de voir si les conditions du sol, où l'on avait ramassé les fragments en question, permettaient l'interprétation à laquelle je m'arrêtai provisoirement, jusqu'au moment où je pus me rendre à Tongres. Ajoutons que l'étude microscopique m'avait montré de grandes analogies de structure et de composition entre l'esquille envoyée par M. Lamine et ces agrégations de matières quartzeuses fondues produites par l'action de la foudre qui, en pénétrant dans le sol, vitrifie et agglutine le sable sur son passage. Je m'abstins de formuler d'une manière positive une opinion sur la question. Certains détails peu vraisemblables la rendaient d'ailleurs plus que problématique. Toutefois, il est un point que je n'ai jamais laissé indécis : celui qui est relatif à l'origine cosmique des fragments quartzeux. Les échantillons de la soi-disant météorite que je vis à Tongres, les renseignements que M. Lamine eut la bonté de me donner, enfin l'inspection du lieu que l'on m'indiquait comme le point où la foudre était tombée, me convainquirent immédia-

tement que je ne pouvais m'arrêter un instant à l'idée de sable fondu sous l'influence de la chaleur de la foudre ; car, d'après les personnes qui m'attestaient avoir assisté à la chute, la foudre était tombée sur un seuil de calcaire dans une rue de la ville ; c'était à cet endroit et au milieu du pavé qu'on avait ramassé, le lendemain de l'orage, les fragments en question.

Il est inutile d'insister sur l'in vraisemblance de l'origine extra-terrestre : cette origine ne nous est pas montrée par les circonstances qui accompagnèrent la chute ; et la composition de ces pierres ainsi que leur structure n'ont rien de commun avec celle des météorites. D'un autre côté, j'arrivais à la conviction que les échantillons recueillis ne pouvaient avoir été fondus par la foudre, et j'admis la conclusion que les fragments en question n'étaient autre chose qu'une scorie artificielle (1).

Je viens d'indiquer les motifs qui me firent entreprendre quelques recherches sur les caractères que présentent au microscope les grains de quartz plus ou moins fondus, des scories artificielles, des fulgurites et des grès vitrifiés au contact des roches éruptives.

(1) En relisant une notice publiée par M. Cohen, professeur à l'Université de Strasbourg, sur la météorite de Zsadany (*Verhandl. d. Natur. med. Vereins.* Heidelberg, vol. II, fasc. 2), je fus frappé d'une singulière coïncidence : on avait confondu avec la météorite des fragments de scorie quartzreuse. J'écrivis à ce savant qui eut l'obligeance de m'envoyer quelques éclats de ce sable fondu. Soumis au microscope, ils me montrèrent identiquement la même structure que la scorie recueillie à Tongres. M. S. N. Maskelyne, conservateur au British Museum, me parlant un jour des pseudo-météorites, disait que les scories qu'on lui avait présentées comme étant des météorites et qu'on affirmait quelquefois avoir vu tomber, formeraient à elles seules une collection plus nombreuse que les plus riches collections de météorites.

Ces observations n'avaient d'autre but que celui de m'assurer de la nature des fragments quartzeux de Tongres. Ces recherches, je l'avoue, n'amenèrent aucun résultat bien saillant. En les publiant, je veux simplement exposer les raisons qui m'ont guidé dans mon appréciation sur les fragments quartzeux de Tongres, auxquels on avait cru devoir attribuer une origine cosmique.

Les divers échantillons que j'ai eu l'occasion de voir chez M. Lamine ou au secrétariat de l'Académie royale, mesuraient 5 ou 6 centimètres en moyenne. Examinée à l'œil nu ou à la loupe, cette masse pierreuse, de couleur grisâtre, se montre à grains fins avec structure scoriacée; on ne discerne aucun élément porphyrique et la pâte semble parfaitement homogène. Les surfaces de cassure et les fissures des échantillons sont revêtues d'une couche incolore vitrifiée de très faible épaisseur; cette espèce d'émail se retrouve aussi à la surface externe des fragments. La cassure de la scorie est plane. Un échantillon que j'ai vu entre les mains de M. Lamine présente des plans de séparation réguliers qui donnent naissance à une cassure polyédrique imitant celle qu'on observe dans les plans de séparation des basaltes, du coake et des scories. Les minces esquilles sont légèrement transparentes sur les bords, elles entament facilement le verre et sont difficilement fusibles au chalumeau.

Le poids spécifique est d'environ 2,5, mais le grand nombre de pores microscopiques qui criblent la masse peuvent rendre cette détermination incertaine. Il faut tenir compte en outre des différents états physiques du quartz qui compose cette scorie. Pour certaines plages,

ces grains sont presque entièrement fondus, dans d'autres ils sont encore cristallins. Or, on sait que Ch. St-Claire Deville (1) a reconnu que le quartz fondu et refroidi brusquement, a pour poids spécifique 2,22, tandis que la densité moyenne du quartz atteint 2,656.

Examinés au microscope, ces fragments scoriacés se montrent formés, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, d'une masse de grains de sable qui peuvent avoir en moyenne 0,5 mm. de diamètre. Ils sont généralement arrondis; ceux qui possédaient des contours polyédriques ont leurs angles émoussés par la fusion qui a effacé les contours primitifs de ces granules. Les caractères physiques doivent faire considérer ces sections comme appartenant au quartz : limpidité, transparence, polarisation chromatique avec teintes vives, absence de clivage, etc.

Je ne pus toutefois découvrir qu'exceptionnellement des inclusions liquides, telles que nous les montrent si fréquemment les grains de sable taillés, lorsqu'on les étudie sous de forts objectifs; mais par contre la masse dans laquelle ils sont empâtés est criblée de vacuoles qui ne renferment pas de liquide visible et dont les proportions sont toujours plus grandes que les proportions ordinaires des enclaves liquides des sections quartzeuses dans les roches. Ces bulles, qui abondent dans les plages produites par la fusion du quartz, diffèrent seulement des enclaves liquides par leurs dimensions (elles peuvent atteindre 1 millimètre; en moyenne, elles n'ont que 0,1 mm.). Ce qui ne permet point de les confondre avec les inclusions liquides, ce sont les larges traits noirs foncés dont elles sont entourées :

(1) *Comptes rendus*, tome 40, p. 769, 1855.

caractère distinctif bien connu pour les pores ou les bulles gazeuses emprisonnées dans les minéraux. Ces pores sont généralement sphériques, ils apparaissent à la lumière transmise comme des globules noirs avec un point brillant au centre. Lorsqu'ils sont entaillés par le polissage, on observe que l'intérieur de la bulle est comme garni de matière pigmentaire, qui augmente l'opacité produite par la réfraction. Dès que la section a entamé la bulle sur les deux faces de la lame, on voit le pore se dessiner par un trait circulaire ou elliptique. On peut passer par toutes les transitions de grandeur depuis les bulles microscopiques jusqu'aux pores visibles à l'œil nu, qui donnent au fragment la structure scoriacée. L'abondance de ces pores constitue un trait distinctif de toute les matières quartzеuses fondues que nous avons étudiées : les fulgurites, les grès vitrifiés au contact des roches éruptives, le sable fondu à l'aide de chalumeau oxhydrique, ont leurs grains de quartz fondus criblés de ces bulles ; et cette particularité permet de saisir les relations d'origine qui existent entre ces divers produits. D'un autre côté, je ne connais pas de roche, pas même les laves les plus celluleuses, qui montre au microscope ce fait d'une manière aussi prononcée (1).

(1) Nous avons fait remarquer que les sections quartzеuses fondues ne contiennent pas les enclaves liquides si caractéristiques de ce minéral. Si l'on tient compte en même temps de l'abondance des pores que nous venons de décrire, on pourrait peut-être interpréter ce fait de la manière suivante. Lorsque les grains de sable auront été soumis à la chaleur intense qui détermina leur fusion plus ou moins complète, le quartz passa par un état de viscosité, et l'eau contenue dans les inclusions se transformant en vapeur, agit par expansion sur les parois de la bulle qui l'emprisonnait. Ces parois se dilatèrent et prirent des dimensions beaucoup plus considérables que celles des enclaves liquides. Lors du refroidissement de la masse fondue, ces pores conservèrent à peu près la forme qu'ils venaient d'acquérir. L'eau que renfermait la bulle s'étant

Pour bien juger des modifications que la fusion a apportées à cet agrégat de granules quartzeux, pour se rendre compte de la nature et du mode de formation de la matière vitreuse qui les cimente, il faut étudier les préparations à l'aide de la lumière polarisée. On distingue alors nettement les fragments de quartz non altérés des parties fondues. Entre les prismes de nicol croisés, la base vitreuse s'éteint et reste obscure pour une rotation complète, les grains de quartz non altérés se détachent avec de vives couleurs. Mais on remarque qu'ils ont perdu la biréfringence sur le bord des sections; les teintes de la polarisation chromatique s'atténuent peu à peu sur le contour des grains et finissent par passer à la nuance noire de la masse vitreuse. C'est surtout par leur isotropisme qu'on peut discerner les plages produites par fusion; sans cette propriété on ne saurait les distinguer que difficilement du quartz cristallin; car à la lumière ordinaire, on ne peut pas discerner de structure spéciale pour la matière fondue. Elle présente tout à fait l'aspect du minéral dont elle dérive et

condensée après que l'enclave eut pris sa nouvelle forme, resta emprisonnée, mais elle devint invisible par suite du volume relativement considérable que l'enclave a pris. Cette interprétation est, au fond, la même que celle suggérée par Watt, à la fin du siècle dernier, pour rendre compte des cavités tubulaires dans les fulgurites. Il les envisageait comme étant dues à l'expansion de la vapeur d'eau : la pluie qui accompagne l'orage pénètre le sable et la vapeur qui se produit sous l'étincelle de l'éclair détermine la formation de la cavité. M. Harting (*Mém. de l'Ac. néerlandaise*, 1874, p. 15) signale aussi qu'il a observé, à la surface vitrifiée des fulgurites, des fossettes arrondies, profondes, à bords relevés, ayant un diamètre de 0,5 à 2 mm. Il les considère comme de petits cratères par où la vapeur d'eau surchauffée s'est frayé un chemin en faisant éclater la paroi qui s'opposait à son expansion. Je crois inutile d'ajouter que je n'attribue pas, dans la scorie recueillie à Tongres, la formation de tous les pores indistinctement à l'expansion de l'eau que pouvaient renfermer les enclaves microscopiques : l'interprétation que je donne s'applique, dans ma pensée, aux pores visibles au microscope, plutôt qu'aux cavités qui donnent la structure scoriacée à ces fragments.

auquel elle est intimement associée. Toutefois, quelques particularités lui semblent propres; elles sont assez prononcées dans certains cas pour permettre de discerner l'élément vitreux, même à la lumière ordinaire : ce sont ces plages fondues qui fourmillent de bulles, dont nous avons parlé tout à l'heure. En outre, elles ne sont jamais crevassées; tandis que les fragments de quartz qui ont conservé leurs propriétés physiques sont très souvent sillonnés de fissures irrégulières, craquelures qui rappellent exactement celles du verre ordinaire refroidi brusquement. Ces plages vitreuses, enfin, montrent des traces de structure fluidale, indiquée surtout par des filaments de matière brunâtre ou noirâtre, ferrugineuse, qui colorent le verre et s'allongent dans le sens du mouvement qui animerait la masse vitreuse au moment où elle s'est figée. (La fig. 3 de la planche qui représente une coupe de la fulgurite de Stareczynow montre les filaments brunâtres, qui suivent les étirements de la masse vitreuse dans laquelle ils sont empâtés. Voir pour toute cette description micrographique du fragment scoriacé la fig. 3 et l'explication de cette figure.) Quelques plages sont entièrement opaques, par l'accumulation de particules noires qui nous paraissent ferrugineuses ou charbonneuses.

Si nous comparons maintenant la microstructure de ces fragments quartzeux, auxquels nous attribuons une vitrification artificielle, avec celle que présentent les produits de fusion naturelle du quartz, les fulgurites, par exemple, nous voyons immédiatement de profondes analogies de structure qui trahissent un mode de formation essentiellement identique. Ce que nous venons de voir tout à l'heure pour les lames minces de la scorie

quartzeuse, se montre au microscope avec les mêmes caractères pour les préparations de fulgurites. Je me borne à indiquer rapidement ces rapprochements (1).

Les échantillons de fulgurite que je fis tailler, proviennent du gisement de Starczynow, près d'Olkusz, en Pologne. M. F. Römer, qui visita cette localité il y a trois ans, a donné une description détaillée des conditions dans lesquelles on rencontre ces tubes vitrifiés; je renvoie à son travail publié dans les *Neues Jahrbuch für Mineralogie*, etc., 1876, p. 33. La fulgurite qui a fourni la lame mince dont suit la description micrographique, est un fragment tubulaire d'environ 10 centimètres de diamètre. La forme du tube est irrégulière, la surface est mamelonnée, surmontée d'excroissances et de boursoufflures comme on les observe dans les scories. La cavité tubulaire subit jusqu'à un certain point toutes les déformations qu'on remarque à la surface externe.

(1) Lorsque j'ai communiqué ce travail à la séance du 28 Novembre 1878, je suis entré dans des détails assez étendus sur la microstructure des fulgurites. J'ignorais, à ce moment, qu'elles avaient été l'objet d'un travail spécial dû à un micrographe bien connu, M. Harting (*loc. cit.*). Après la lecture de son mémoire, j'ai retranché de ma notice les observations qui étaient signalées par ce savant. Son intéressant travail comprend l'historique des recherches sur les fulgurites. La description générale de ces formes tubulaires et la partie micrographique sont traitées de main de maître, comme on doit s'y attendre. A la suite de ce mémoire, il reste peu de chose à dire, car l'auteur a, sinon épuisé le sujet, au moins réuni un grand nombre d'observations importantes auxquelles on n'a pas de peine à se rallier. Pour un point seulement, je crois qu'on peut envisager la question autrement que ne le fait M. Harting; ce savant constate que la masse vitrifiée dans les fulgurites d'Elspret, réagit comme une substance biréfringente entre nicols croisés (*loc. cit.*, p. 19). S'appuyant ensuite sur des expériences qu'il fit relativement à la solubilité de la silice de ces fulgurites par les alcalis, il conclut que dans la fusion instantanée produite par la foudre ce corps ne passe pas de l'état cristallin à l'état amorphe. Ces observations ne sont pas d'accord avec celles que l'on peut faire sur les fulgurites de Starczynow: la masse fondue est parfaitement apolaire; et si des plages donnent encore les phénomènes de la polarisation chromatique, elles appartiennent à des sections quartzeuses qui n'ont pas été entièrement fondues.

Le tube est encore recouvert à l'extérieur d'une couche de grains de quartz imparfaitement soudés à la masse vitreuse. On remarque dans la cassure transverse de la paroi circulaire que la fusion n'a atteint toute son intensité qu'à l'intérieur. La zone externe n'a subi qu'un commencement de fusion : les éléments vus à la loupe ne s'y montrent presque pas modifiés ; ils sont simplement attachés par un ciment vitreux à la zone interne, ou masse vitreuse qui forme la partie principale de la fulgurite. Dans cette partie interne du tube, les grains de quartz ont complètement perdu leur individualité, ils se sont fondus les uns dans les autres et ont formé un émail brillant, bleuâtre, qui raye le verre et possède la transparence et l'éclat du quartz. La partie vitrifiée que nous avons fait polir est entièrement isotrope, le quartz y est transformé en une masse homogène possédant les particularités que nous avons vues tout à l'heure, caractérisant les plages fondues des scories. Si nous comparons les figures 4 et 5 de la planche I, dont la seconde représente une section de la zone interne vitrifiée d'une fulgurite de Starczynow, la première une plage de la scorie que nous avons décrite en premier lieu, nous remarquons au premier coup d'œil la grande analogie que présentent ces dessins. Des deux côtés on voit une masse vitreuse, amorphe, criblée de pores et de grandes vacuoles, parsemée de taches pigmentaires noires, brunâtres. Avec le nicol, la ressemblance est tout aussi frappante, on remarque seulement que la fulgurite a été soumise à une fusion plus intense ; de là une structure fluidale mieux indiquée, et des sections quartzeuses presque entièrement effacées. Il est inutile de répéter les détails de la description que nous avons donnée plus

haut : qu'il nous suffise d'avoir indiqué l'identité parfaite de microstructure que montrent nos deux figures, reproduction exacte des plages qu'elles représentent.

Disons quelques mots de la préparation microscopique figurée par le dessin n° 2. Dans le but de reproduire expérimentalement la vitrification du quartz et d'examiner la structure microscopique du produit de fusion de ce minéral, du sable fut soumis à l'action du chalumeau oxhydrique. Il se forma une masse vitreuse qui, taillée en lame mince et examinée au microscope, présentait l'aspect reproduit par la figure 2. Ces grains de quartz fondus nous montrent identiquement la même chose que les plaques taillées dans la scorie et dans la fulgurite. Les caractères du quartz fondu s'y retrouvent nettement indiqués ; toutefois, comme la figure l'indique, et comme on le voit mieux encore à l'aide de l'appareil de polarisation, la vitrification ne fut point aussi avancée dans cette expérience que dans les cas dont nous avons parlé plus haut. Les grains de quartz, s'ils n'ont conservé que leurs contours primitifs, sont assez nettement isolés de la masse vitreuse où abondent de nouveau les bulles et les pores comme dans les cas précédents. Les plages vitreuses isotropes et dont la teinte passe quelquefois au brunâtre assez foncé, sont intercalées entre les grains de sable dont les lignes terminatrices peuvent encore se distinguer aisément à la lumière ordinaire ainsi que le montre la figure 2. Certaines parties de la scorie de Tongres, et la préparation, taillées dans la zone externe de la fulgurite où la chaleur n'a pas agi avec la même intensité, offrent également l'aspect que nous venons de décrire.

Signalons enfin un dernier rapprochement avec ces

produits de fusion du quartz. Grâce à l'obligeance de M. le professeur Zirkel, je pus les comparer avec les préparations de grès vitrifiés au contact des basaltes; il les a décrits dans son *Manuel de pétrographie microscopique* et je renvoie pour de plus amples détails à cet excellent livre (1). Comme la scorie de Tongres, ces grès ont une cassure prismatique; ils sont recouverts comme d'un émail qui se montre surtout lorsqu'on les étudie au microscope. Taillés en lames minces, ils apparaissent formés de grains de quartz incolore, anguleux ou arrondis, crevassés et cimentés par une masse vitreuse monoréfringente, quelquefois presque incolore, d'autres fois brunâtre. Ce qui différencie cette substance amorphe du verre des préparations décrites plus haut, c'est qu'elle renferme des cristaux microscopiques dont la détermination laisse encore place au doute. Mais à part ce détail, on doit la rapprocher du verre que nous avons décrite : son mode de formation, ses propriétés optiques, sa couleur, sa structure fluidale bien accusée indiquent un mode de formation semblable.

M. Zirkel fait remarquer, en outre, qu'elle est criblée d'un grand nombre de pores circulaires ou ellipsoïdaux à bords foncés, dont il explique la formation par l'expansion de l'eau emprisonnée dans la roche au moment de la vitrification.

Ces rapprochements nous montrent d'une manière évidente que les fragments vitrifiés, auxquels on croyait devoir attribuer une origine cosmique, ne sont autre chose qu'une masse sableuse en partie fondue. C'est dans le but d'établir la nature véritable de ces échantillons de Tongres, dont la trouvaille offrait quelques

(1) *Mikroskopische Beschaffenheit der Mineralien und Gesteine*, p. 488.

points problématiques, que j'ai été amené à examiner au microscope divers produits naturels ou artificiels dérivant de la fusion du quartz. La similitude parfaite des caractères microscopiques des préparations que nous avons étudiées amène à conclure que les modifications qui ont été décrites sont dues essentiellement à la même cause.

