

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles  
**Band:** 62 (1942-1945)  
**Heft:** 258

**Artikel:** Effet de l'écrasement naturel et expérimental des roches  
**Autor:** Oulianoff, N.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-273234>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 20.11.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Effet de l'écrasement naturel et expérimental des roches

PAR

*N. OULIANOFF*

(Séance du 14 janvier 1942.)

Prenons un échantillon de marbre de Carrare, ce beau marbre statuaire, si homogène quant à sa composition et quant à son grain.

Un petit morceau de cet échantillon nous servira à préparer une coupe mince.

Quant à l'autre morceau, plus grand, faisons-le scier en forme de cube qui aura des arêtes longues de 7 cm. environ.

L'examen sous le microscope montrera que le marbre de Carrare est une roche monominérale et qu'elle représente une agglomération de grains de calcite.

Chaque individu d'une espèce minérale donnée est composé de molécules chimiques dans lesquelles les atomes, par leur coordination, déterminent un réseau cristallin défini. Ainsi, d'un individu à un autre, de la même espèce minérale, nous rencontrons les mêmes propriétés chimiques et physiques, ce qui permet, justement, d'établir une spécification détaillée et précise.

« La stabilité des cristaux implique une cohésion entre atomes, attribuable, principalement, à des forces électrostatiques » (1). Mais les atomes, faisant partie du réseau cristallin d'un minéral donné, ne tiennent pas les uns aux autres avec la même force, dans les directions différentes. La dureté des minéraux en est une des fonctions. En outre, presque tous les minéraux sont caractérisés par l'existence de plans de séparation facile. Ce sont les clivages. Il suffit de rappeler le mica pour en donner un exemple particulièrement caractéristique. Cette propriété dépend de la structure moléculaire de chaque espèce minérale.

Les différentes structures des roches doivent être envisagées sous un tout autre point de vue. Ce ne sont plus les atomes ou les molécules chimiques qui représentent les unités, les

« briques », servant à composer la roche donnée. Ce sont les cristaux, les individus minéraux.

Dans la plupart des cas, les roches sont formées de minéraux de plusieurs espèces. Les roches réellement monominérales sont plutôt rares. L'exemple remarquable de ce dernier type est justement le marbre de Carrare. Cette roche est composée entièrement de carbonate de chaux cristallisé sous forme de calcite.

Mais si nous prenons un granite, de composition habituelle, celui, par exemple, du massif de l'Aar, ou cet autre du massif des Aiguilles Rouges, les minéraux, qui les composent, sont, dans l'ordre de fréquence décroissante: l'orthose, le microcline, le quartz, l'oligoclase, la biotite, l'apatite, le zircon. Tous ces minéraux, en grains cristallisés et, par conséquent, individualisés géométriquement, se tiennent fermement les uns aux autres dans cette agglomération compacte que l'on appelle une roche.

Cependant, ici, la coordination des atomes n'entre plus en ligne de compte, même s'il s'agit d'une roche monominérale. Les grains minéraux juxtaposés sont séparés par des surfaces de contact qui sont leurs limites réelles.

Parfois, les minéraux qui forment les roches ont des contours extrêmement sinueux, ce qui facilite, bien entendu, leur enchevêtrement. Mais ce ne sont là que des cas particuliers. En général, les surfaces de contact entre les grains sont moins sinueuses, voire même planes. La structure de la roche présente ainsi une sorte de mosaïque polygonale. L'enchevêtrement n'est alors pour rien dans la cohésion des minéraux formant la roche.

Prenons des grès pour examiner encore un exemple de roches de structure spéciale. On y distingue nettement deux parties constitutives: 1) grains détritiques plus ou moins roulés et 2) ciment de nature siliceuse, carbonatée ou marneuse.

On pourrait croire, tout d'abord, que, dans ce cas, le problème de la cohésion devient plus clair: ne considère-t-on pas le ciment comme une sorte de colle? Or, ce n'est là qu'une illusion. Le microscope nous révèle, dès le premier coup d'œil, que le ciment de ces roches gréseuses est composé, lui aussi, d'une agglomération de petits cristaux de quartz, de calcite, et d'autres. Ainsi, les grains détritiques sont recollés par une masse également cristallisée, mais composée de minéraux de taille plus petite.

L'expérience permet d'observer que les roches de composition minéralogique exactement pareille, varient considérable-

ment quant à la cohésion des grains et quant à la résistance à l'écrasement. Toutes les autres conditions restant les mêmes, c'est la grosseur des grains qui détermine ces variations. Le plus souvent, la roche à grain fin est plus résistante que la roche à gros grain.

Déjà on peut conclure que la force de cohésion entre les grains cristallisés est une fonction de la surface totale des cristaux qui forment la roche donnée, autrement dit, de la somme des surfaces de tous les cristaux inclus dans une unité de volume.

De quelle nature sont ces forces qui se réalisent sur les surfaces de contact des cristaux? Il serait téméraire de croire que ces forces nous sont parfaitement connues. Une seule citation, mais combien caractéristique, nous suffira pour montrer à quel point cette question est encore loin d'être entièrement éclaircie. M. Josef Stiny, Dr phil., ingénieur, professeur à l'Ecole technique supérieure de Vienne, écrit, à la page 390 de sa « Technische Gesteinkunde » (2<sup>e</sup> édition, 1929): « Bei den Gesteinen mit unmittelbarer Kornbindung hängen die einzelnen Gemengteile infolge der an den Berührungsflächen wirksamen Haftkräfte und vielleicht auch vielfach infolge einer Art chemischer Wechselwirkung (?) aneinander. Je inniger daher die Berührung der Körner untereinander ist, je stärkere Oberflächenkräfte die einzelnen Mineralarten betätigen, je größer die Berührungsfläche und je kleiner die Oberfläche etwa vorhandener Hohlräume ist, um so günstiger werden die technischen Eigenschaften des Gesteins sein. »

On voit fort bien que toutes ces « Haftkräfte », « Oberflächenkräfte », ainsi que cette « Art chemischer Wechselwirkung » ne réussissent pas à éclaircir la question.

On peut même s'étonner qu'à côté de toutes ces forces, un peu mystérieuses, Stiny omette de mentionner cette autre, très simple, et qui prend certainement une grande part à la réalisation de la cohésion entre les grains formant une roche; j'entends par là la pression atmosphérique.

Nous n'avons pas besoin de discuter plus longuement cette question de la nature des forces. Il nous suffira de constater que le champ de leur activité est lié directement aux surfaces de contact des grains cristallins. L'écrasement de la roche consiste, par conséquent, dans la destruction de ces forces de cohésion, à moins que, en même temps, ne se cassent aussi les individus cristallins eux-mêmes. Toutefois, si l'écrasement de la roche n'est pas compliqué par une intense trituration, pendant laquelle les grains sont exposés aux chocs mutuels,

la grosseur des grains reste à peu près sans changement. Il est tout particulièrement intéressant de considérer sous ce rapport les calcaires, car ils ne sont formés que de grains de calcite, et ce dernier minéral, comme on le sait, possède trois systèmes de clivage parallèles aux faces du rhomboèdre primitif.

C'est ici que nous revenons à notre marbre de Carrare. La coupe mince, préparée avec ce marbre, nous servira à mesurer les diamètres des grains de calcite dans le marbre intact. Ces diamètres varient entre les limites de 0,202 mm et 0,370 mm. Le diamètre moyen, résultant de nombreuses mesures, est de 0,25 mm.

Le cube que nous avons fait préparer du même morceau de marbre, a été soumis à l'écrasement sous une presse hydraulique<sup>1</sup>. Après quelques essais, on peut arriver à arrêter le plateau supérieur de la presse, à temps pour obtenir l'écrasement de la roche mais non pas la *dislocation* des grains cristallins. Ils se tiennent encore entre eux, mais ce n'est, si l'on peut dire, qu'en château de cartes. On détache facilement, à la main, de petits morceaux de ce cube et, par simple pression des doigts, les grains de calcite se disloquent, de sorte que la roche passe à l'état de poudre. On constate, sous le microscope polarisant, que chaque grain de cette poudre est un *individu cristallin isolé*, et non plus un petit morceau de roche ou une agglomération de plusieurs cristaux, encore accolés entre eux.

Mesurons, sous le microscope, les diamètres de ces cristaux de calcite, libérés de leurs attaches avec leurs voisins. Voici le résultat de très nombreuses mesures: 1) les diamètres varient entre les limites de 0,378 mm et 0,133 mm; 2) le diamètre moyen est de 0,24 mm.

Par conséquent, le diamètre moyen des grains cristallins de la roche écrasée est resté, à 0,01 mm près, le même que dans la roche intacte.

On voit donc que l'écrasement simple (sans trituration) a eu pour effet la destruction de la cohésion entre les cristaux, mais non pas la pulvérisation des cristaux eux-mêmes. Ce résultat est d'autant plus remarquable que la roche, choisie pour l'expérience, est formée de calcite, minéral qui possède trois systèmes de clivages faciles.

<sup>1</sup> C'est un agréable devoir pour moi d'exprimer ici mes vifs remerciements à M. le Professeur J. Bolomey, qui m'a réservé une aimable hospitalité au Laboratoire d'Essai des matériaux, à Lausanne.

Les écrasements des roches sont très fréquents dans la nature. Tous les phénomènes de formation des montagnes sont accompagnés de l'écrasement des roches. Même dans les plis qui produisent, parfois, l'impression d'une plasticité parfaite, les roches subissent, en réalité, un écrasement plus ou moins intense.

Mais les effets d'écrasement des roches sont particulièrement impressionnants dans les zones des failles. Le déplacement réciproque des deux lèvres d'une faille est accompagné d'une forte pression latérale et cette action combinée est tout à fait néfaste pour la structure initiale de la roche. On comprendra que dans un cas pareil nous sommes en présence d'un phénomène plus complexe que celui qui se produit sous une presse hydraulique. L'écrasement est accompagné de trituration. Tous les cristaux sont entraînés dans un mouvement désordonné, ils s'entrechoquent et se cassent. Les gros cristaux sont ceux qui souffrent, bien entendu, le plus. Mais les cristaux les plus petits ne sortent pas, non plus, intacts de cette dure épreuve.

Le produit final est une roche *mylonitisée*, pour employer un terme géologique. Il est évident que le degré de mylonitisation peut être fort variable. Au début, ce n'est qu'une roche comprenant un certain nombre de minéraux cassés. Mais lorsque la mylonitisation est poussée à l'extrême, la roche est transformée en ce que P. Termier appelle une *purée parfaite*, et dans laquelle on ne reconnaît plus les minéraux primitifs de la roche. Il faut alors procéder à un examen attentif sur le terrain pour constater qu'une roche compacte, quasi homogène, sans granularité visible, provient d'une roche grossièrement cristallisée, d'un granite par exemple. Un cas remarquable d'une telle mylonitisation d'un granite, notamment du granite du massif des Aiguilles Rouges, a été décrit, dans la région de Vernayaz-Miéville, par Meyer (2). J'ai repris, dans mon mémoire sur le massif de l'Arpille (3), l'étude de cette formation, et en ai suivi l'extension vers le Sud-Ouest. MM. Reinhard et M. Preiswerk (4) ont grandement contribué à la connaissance de cette mylonite, en faisant des analyses chimiques et en en déterminant le poids spécifique.

La roche mylonitisée, en général, change de volume. Deux cas opposés peuvent se présenter: diminution ou augmentation du volume. La forte et persistante pression latérale facilite la réalisation du premier cas. Les cristaux de la roche saine sont écrasés et transformés en « purée ». Mais, par cela même, la porosité initiale de la roche est diminuée, la cohésion entre

les menus débris est devenue plus parfaite, d'où augmentation du poids spécifique. Dans cette catégorie se range la mylonite granitique que j'ai citée plus haut. Tandis que le poids spécifique du granite intact est égal à 2,67, celui de la mylonite, qui en provient, monte jusqu'à 2,73.

Par contre, si la pression latérale, perpendiculaire au plan de la faille, ne se maintient pas, de nombreux vides apparaissent dans la roche écrasée. Or, « la nature a horreur du vide ». Le pansement de toutes ces innombrables blessures se fait par l'intermédiaire des eaux qui commencent à circuler dans la partie du corps géologique, sillonnée d'un réseau de fissures ou de canaux capillaires. Cette circulation est parfois extrêmement lente, mais, à la longue, les molécules minérales transportées en solution colmatent et ferment tous les vides produits par l'écrasement. La calcite et le quartz sont le matériel de « pansement » le plus répandu dans la nature.

Si cette cimentation est poussée à fond, la roche écrasée redevient solide, compacte.

L'examen sous le microscope fait ordinairement reconnaître la roche mylonitisée et ensuite recimentée. On voit les cristaux cassés, on distingue le quartz ou la calcite néogènes dans les fins filonnets.

Mais le phénomène se complique singulièrement dans le cas d'une roche monominérale, dont le ciment est identique, par sa nature minérale, aux grains constitutifs de la roche initiale.

Passons maintenant au dernier cas qui complétera le tableau des roches écrasées.

Supposons que tout le réseau des canaux capillaires et subcapillaires, créé par la destruction de la cohésion entre les cristaux, reste en dehors de la circulation des eaux souterraines. Ainsi, la roche écrasée ne passera plus par le stade de la recimentation.

Aussi théorique que paraisse ce cas, il se réalise parfois dans la nature. La Combe des Fonds en présente un fort bel exemple. Ce vallon commence au Petit Col Ferret et descend vers La Fouly, en longeant la pente que domine le glacier du Mont Dölen. Nous sommes ici dans la zone des roches sédimentaires, zone radicale des nappes helvétiques supérieures. Elles sont en position presque verticale, plaquées et écrasées contre la masse cristalline du massif du Mont-Blanc.

La plus grande partie de cette zone sédimentaire doit être attribuée au Dogger à faciès calcaire. La pression orogénique alpine avait déterminé la dislocation de ces calcaires en plu-

sieurs lames parallèles. Ainsi sont apparus des plans d'écrasement particulièrement intense. On les retrouvera encore sur les pentes de la Cômbe des Fonds. En cassant, d'un coup de marteau, cette roche calcaire, on constate avec étonnement qu'elle est à l'état exactement pareil au marbre après son écrasement sous une presse hydraulique. Les grains de calcite ne se tiennent que faiblement les uns aux autres. Une simple pression des doigts suffit pour détruire le morceau et le réduire en poudre. On est donc forcé de conclure que le calcaire écrasé de ces zones n'a pas subi une pression suffisamment forte pour reconsolider la roche mylonitisée. D'autre part, les eaux souterraines n'ont pas été canalisées dans sa direction, et c'est ainsi que la roche écrasée est restée sans être recimentée et consolidée à nouveau.

---

### Bibliographie.

1. DÉVERIN, L. — Structures cristallines et géochimie. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat.*, Vol. 58, 1932, p. 39.
  2. MEYER, J. — Geologisch-petrographische Untersuchungen am Massiv der Aiguilles-Rouges. « *Eclogae geol. Helv.* », Vol. XIV, p. 46.
  3. OULIANOFF, N. — Le massif de l'Arpille et ses abords. Matériaux pour la carte géol. de la Suisse, II<sup>e</sup> série, Vol. 54, II, 1924.
  4. REINHARD, M. und PREISWERK, H. — Ueber Granitmylonite im Aiguilles-Rouges Massiv (westliches Wallis). *Verh. d. Naturf. ges. in Basel*. Bd. 38, 1927, p. 188.
-