Zeitschrift: Schweizerische mineralogische und petrographische Mitteilungen = Bulletin suisse de minéralogie et pétrographie

Band: 50 (1970)

Heft: 1: Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse in Mineralien

Artikel: Expansion actuelle des recherches sur les inclusions et le problème de leur coordination future

Autor: Deicha, G.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-39233

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 15.07.2025

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

Expansion actuelle des recherches sur les inclusions et le problème de leur coordination future *)

Par *G. Deicha* (Paris) **)

Résumé

I. Comme le programme même de notre Colloque le montre, les travaux sur les inclusions suivent de nos jours trois directions essentielles.

a) Perfectionnement des techniques de découverte et d'étude des inclusions des minéraux les plus variés: miniaturisation et emploi de moyens lourds (microscopie électronique, spectrographie de masse, activation neutronique etc.) sont les deux aspects complémentaires de cette évolution.

b) Extension régionale de la recherche systématique des inclusions des gîtes, des roches et des formations géologiques les plus divers: dans les Alpes la densité des observations atteint un maximum et permet d'esquisser le rôle des fluides dans l'histoire géologique de la grande chaîne européenne.

c) Utilisation des renseignements fournis par les inclusions pour la compréhension des conditions de genèse des entités minérales qui les renferment.

Ce travail de synthèse conduit à considérer les problèmes généraux, y compris ceux que posent les théories géochimiques et géophysiques: dégazage du manteau supérieur, par exemple.

II. La cohésion et la portée de ces recherches peut être renforcée par divers moyens.

a) Information mutuelle des centres d'étude des inclusions sur les progrès techniques réalisés; diffusion des procédés de préparation et des appareils dans les laboratoires des Sciences de la Terre, où les recherches directes sur les phases minérales fluides sont encore peu ou pas pratiquées.

b) Inventaires des points où des observations sur les inclusions sont réalisées. Pour le Bassin méditerranéen ces points se distribuent suivant un réseau à mailles très larges, sauf en Afrique du Nord. Pour l'ensemble du Continent africain les „points d'appui" sont beaucoup plus rares. Mise en train de recherches sur le terrain pour raccorder entre elles les régions déjà explorées du point de vue des inclusions.

c) Documentation bibliographique et photographique sur les inclusions fluides, qui doit être mise à la disposition non seulement des spécialistes du Règne minéral, mais également des enseignants de divers niveaux.

---

*) Conférence d'introduction au Colloque des inclusions à Berne.

**) 50, rue de Mareil, 78 Saint-Germain-en-Laye, France.

Abstract

I. The colloquium program shows that, nowadays, works on inclusions follow three main directions.

a) Technical improvement in finding and study of inclusions in a large variety of minerals. The miniaturization and the use of heavy equipment (electronic microscope, mass spectrograph, neutronic activation etc.) are two complementary aspects of this evolution.

b) Regional stretching of systematical research of inclusions in very different kinds of geological formations: in the Alps, the density of observations has reached a maximum and makes it possible to outline the role of fluids in the history of the great European mountain ridge.

c) Understanding of the genesis of mineral entities with the help of informations given by their inclusions.

This synthesis work leads to take into consideration general problems, inclusive of those stated by geochemical and geophysical therories (for instance degasing of the Upper Mantle).

II. Different means can be used in order to increase the cohesion and the scope of these researches

a) Reciprocal information by the inclusion study centres about achieved technical improvements: propagation of preparation processes and equipment to laboratories devoted to Earth Sciences where no or few researches on fluid phases are developped.

b) Inventory of the spots where observations on inclusions are made: in the Mediterranean Basin these spots are outspread with a low density except in North Africa. For the remainder of Africa they are more scarce.

Field researches should be set in going between the regions where inclusions have already been studied.

c) Bibliographical and photographical documentation, about fluid inclusions, should be made available not only to specialists but also to high school teachers.

Zusammenfassung

I. Das Programm des Kolloquiums zeigt, dass heute das Studium der Mineraleinschlüsse vor allem drei Richtungen folgt:

a) Der Einsatz technisch hoch entwickelter Apparaturen wie Elektronen-Mikroskope, Massenspektrometer usw. erlaubt, immer vielfältigere Probleme und immer kleinere Mineraleinschlüsse der Forschung zugänglich zu machen.

b) Die systematischen Einschluss-Forschungen in den verschiedensten geologischen Bildungen erfahren stets eine grössere regionale Verbreitung. Im alpinen Raum hat die Dichte der Beobachtungen schon einen beträchtlichen Grad erreicht.

c) Die Einschlüsse werden vermehrt zur Lösung genetischer Probleme herangezogen. Insbesondere betrifft dies Fragen der Geochemie und Geophysik, zum Beispiel Entgasung des oberen Erdmantels.

II. Die Intensivierung der Einschluss-Forschungen kann durch verschiedene Mittel erreicht werden:

a) Anzustreben ist eine allgemeine gegenseitige Auskunft der Forschungszentren über die erreichten Fortschritte in den technischen Untersuchungsmethoden. Dazu sollten die Präparations-Methoden und die speziellen Apparaturen auch in denjenigen erdwissenschaftlichen Instituten Eingang finden, die sich heute noch nicht oder kaum mit den Flüssigkeitseinschlüssen befassen.

b) Über die durchgeführten Beobachtungen an Mineraleinschlüssen sollte ein Inventar aufgestellt werden. Noch verteilen sich diese Beobachtungen sehr weitmaschig auf das Gebiet zum Beispiel des Mittelmeerbeckens (mit Ausnahme von Nordwest-Afrika). Zudem könnten Feldarbeiten in neuen Regionen begonnen werden.

c) Erstrebenswert wäre die Zusammenstellung bibliographischer und photographischer Dokumentationen über Gas- und Flüssigkeits-Einschlüsse in Mineralien, die sowohl den Spezialisten als auch dem allgemeinen Unterricht dienen könnte.

Les recherches sur les inclusions fluides des minéraux des gangues et des roches connaissent, depuis un quart de siècle, une expansion qui vivifie tous les domaines des Sciences de la Terre liés à l'étude des matériaux cristallisés de la Lithosphère. Ainsi se trouve progressivement rétabli l'équilibre entre les études consacrées par les Sciences géologiques aux trois états de la matière. Cet équilibre s'était trouvé perturbé depuis le milieu du 19e siècle: le perfectionnement des méthodes d'investigation de la matière solide avait en effet laissé loin derrière lui celui de l'étude des liquides et des gaz. Ce sont d'abord les progrès de l'optique cristalline puis ceux de l'étude des cristaux aux rayons X qui ont conduit peu à peu les minéralogistes métallogénistes et pétrographes à négliger complètement la présence de fluides dans les architectures cristallines; cette association des liquides et des gaz avec les édifices minéraux peut être fort intime. Nous allons dans une première partie de l'exposé passer brièvement en revue les trois directions essentielles suivant lesquelles se poursuit actuellement l'expansion de ces recherches, puis dans la seconde partie, examiner les moyens du renforcement futur de la cohésion de ces travaux en vue de la coordination générale entre les divers domaines des Sciences de la Terre concernés par ces recherches.

I. PRINCIPALES DIRECTIONS DE L'EXPANSION ACTUELLE DES RECHERCHES

Il est incontestable qu'à l'heure actuelle une certaine division du travail s'est déjà opérée parmi les spécilistes s'intéressant aux divers problèmes liés aux interventions des fluides géochimiques dans le règne minéral. Schématiquement on peut distinguer trois groupes de travaux dont l'essentiel relève respectivement du laboratoire, du terrain et des bibliothèques. Une telle séparation des méthodes d'investigation n'est d'ailleurs pas sans présenter certains dangers.

L'intérêt de ces études est précisément de donner à la Géologie son caractère de „Science des grandes Synthèses". Au contraire son morcellement en de multiples secteurs, répondant à des préoccupations de plus en plus étroites, s'avère préjudiciable à l'avancement général des connaissances. D'ailleurs les investigations directes sur les liquides et les gaz ont souffert de ce morcellement des disciplines géologiques.

Conformément à ce qui a été dit plus haut, nous allons maintenant brosser une esquisse de l'état actuel des travaux, suivant les trois secteurs qui viennent d'être définis.

a) Perfectionnement des techniques

En ce qui concerne les travaux de laboratoire, la prise en considération des liquides et des gaz oblige à une réforme profonde des habitudes prises du temps où l'intérêt devait se porter surtout sur les phases solides. Les opérations de laboratoire, ainsi rénovées, peuvent se classer en plusieurs catégories.

Les méthodes de préparation. Les techniques classiques utilisées par les pétrographes et les métallogénistes avaient pour résultat d'éliminer, purement et simplement, les fluides des roches et des gangues. Cette élimination intervenait au cours de la préparation des plaques minces et des sections polies. Elle empêchait pratiquement toute recherche microscopique des inclusions liquides et gazeuses. Il en est résulté que pendant des dizaines d'années les seules „curiosités" de ce genre n'étaient guère signalées que dans les minéraux largement cristallisés, qui avaient fait l'objet d'examens assez minutieux, avant toute opération de sciage et d'usure. Dans d'autres cas favorables, il s'agissait de cavités qui avaient échappé à la destruction soit par l'effet d'un heureux hasard, soit simplement grâce à une préparation particulièrement soignée. Le fait que les gemmologistes avaient, pratiquement seuls, gardé pendant plusieurs décennies la quasi exclusivité des études sur les inclusions est significatif de l'extrême délicatesse des manipulations requises pour la découverte de ces objets.

Les examens microscopiques. Grâce à des méthodes de préparation toujours plus fines, les spécialistes accèdent au contenu de cavités de plus en plus fines. L'ultramicroscopie (fond noir asymétrique) contribue à montrer que les inclusions sont les éléments figurés les plus abondants des matériaux accessibles aux études directes des différentes disciplines géologiques. Alors que naguère l'observation portait principalement sur des inclusions exceptionnelles visibles à la loupe binoculaire, cet instrument est desormais de plus en plus souvent utilisé pour prélever, avec précision, les esquilles fines, dont les dimensions descendent au-dessous du millimètre lorsqu'il s'agit du quartz laiteux de gangues métallifères et plus simplement encore de celui des veines stériles ou des lentilles d'exsudation des séries cristallophiliennes. Les grains de sable les plus fins permettent actuellement des observations dont nul ne pouvait supposer l'importance, il y a quelques années seulement.

De son côté la microscopie électronique, mise systématiquement à contribution pour la recherche de cavités de taille de plus en plus petite, nous enseigne que les inclusions de dimensions inférieures au micron sont infiniment plus fréquentes que celles de dimensions plus grandes. Il semble que la microscopie

électronique par balayage permette de relier plus intimement les observations aux diverses échelles, ceci en attendant que les rapports entre dislocations du réseau cristallin et lacunes de croissance puissent être directement établis grâce à de nouvelles techniques. Nous allons à présent passer très brièvement en revue l'arsenal des équipements qui s'accroît avec les progrès constants des connaissances physiques et chimiques fondamentales.

Moyens d'investigations physico-chimiques. Les mesures de thermométrie minéralogique et de géobarométrie font appel à tout un arsenal de platines chauffantes et réfrigérantes ainsi qu'à d'autres techniques (essais par écrasement, décrépitophonie et décrépitoscopie) de plus en plus perfectionnés).

Certaines des améliorations s'orientent vers la miniaturisation, d'autres vers l'utilisation de techniques physiques de plus en plus élaborées. Ces deux tendences se conjuguent parfois, par exemple dans le cas de l'emploi de la microdiffraction électronique pour l'identification des solides emprisonnés dans les minéraux ou formés au sein des inclusions fluides au cours de leur évolution.

On assiste actuellement à une véritable „querelle des anciens et des modernes" en ce qui concerne le choix des méthodes d'analyse du contenu des inclusions: des techniques ultra-modernes entrent en compétition avec les méthodes micro-chimiques plus classiques. Il peut même arriver que le chercheur soit tenté de choisir les inclusions à étudier en fonction des moyens dont il dispose et de s'intéresser uniquement au contenu des cavités intracristallines les plus grandes (plus de 100 microns), en négligeant celles de taille moyenne (100 à 10 microns) et en ignorant parfois les plus petites (moins de 10 microns). Or il convient de ne pas oublier le fait que plus une inclusion est grande moins elle a de chances d'échapper à des altérations de son intégrité au cours de l'histoire géologique qui sépare sa formation du moment où elle sera étudiée.

La Sonde de Castaing et le spectrographe de masse rendent déjà de signalés services, la première dans l'investigation des phases solides, le second dans celle des phases fluides.

Le microanalyseur ionique de Slodzian doit également permettre de réaliser des analyses d'une finesse extrême, avec possibilité de déterminations quasi ponctuelles des rapports isotopiques.

b) Extension régionale des recherches sur les fluides géochimiques

Une tendance moderne remarquable des travaux, qui nous intéressent, est de ne plus se limiter à l'étude des inclusions isolées, ou même à celles d'un seul cristal ou d'une seule géode. Ces études portent à présent sur des ensembles géologiques, de plus en plus étendus dans l'espace et dans le temps. Les Alpes fournissent de cette évolution une illustration assez remarquable: les thèses de P. Ypma sur la Belledonne, de H. A. Stalder sur la Grimsel, de B. Poty sur le

Mont-Blanc, ainsi que les travaux de J. C. VATHAIRE sur les Grandes Rousses[1]) et de PH. LIARD dans la région d'Allevard, ont largement contribué, au cours de ces dernières années à compléter les recherches éparses de leurs prédecesseurs.

On peut déjà actuellement porter sur la carte des Alpes quelques grandes provinces d'intervention de fluides géochimiques: région de la cassure majeure entre les massifs de l'Aar et du Saint-Gothard, caractérisée par la montée de solutions alpines riches en anhydride carbonique; large région de métamorphisme alpin dans le Tessin, avec inhibition carbopneumatolytique; régions à prédominance d'intervention hydrothermale dans les massifs cristallins externes et de recristallisation hydratogène dans leur couverture sédimentaire, enfin, tout récemment, l'avant-pays où les inclusions à hydrocarbures viennent d'être découvertes par H. A. STALDER et J. C. TOURAY.

Mon intention n'est pas d'étendre ici plus avant cette esquisse de Nice à Vienne. Ce sera d'ailleurs l'un des objets du séminaire sur les inclusions, prévu pour l'année universitaire 1969–1970, à l'Institut des Sciences de la Terre d'Orsay (Grandes Régions du Globe). Dans la seconde partie du présent exposé nous verrons que des synthèses plus vastes encore peuvent déjà être envisagées, et exploitées scientifiquement à l'échelle continentale.

c) Problémes théoriques et applications

Les progrès réalisés au laboratoire et sur le terrain conduisent à utiliser de plus en plus systématiquement les résultats, acquis par l'étude des inclusions, à la solution de problèmes généraux.

Parmi ces problèmes, ceux d'intérêt minéralogique et métallogénique semblent encore tenir la première place, mais déjà la pétrographie des roches cristallines puise des informations précieuses dans les inclusions, la gamme de celles-ci atteint en effet dans ces matériaux la plénitude de sa richesse.

La pétrographie des roches sédimentaires, et même la stratigraphie, commencent à s'ouvrir à la recherche systématique des inclusions, tant de celles des éléments détritiques que de celles des cristallisations évaporitiques et des néoformations les plus variées.

Les structurologues et les tectoniciens commencent à se préoccuper du témoignage des inclusions fluides. Sans ce témoignage il est probablement peu de problèmes géochimiques et géophysiques qui puissent recevoir des solutions satisfaisantes. Le problème planétaire du dégazage du Manteau supérieur du Globe terrestre le montre clairement.

Comme N. VERDIER vient de le souligner[2]), lors d'un récent colloque sur la fissuration des roches, les spécialistes de la géotechnique ne sauraient ignorer

---

[1]) Travaux du Laboratoire de Géologie de Grenoble. 1960, *37*, p. 129–131.

[2]) Revue de l'Industrie minérale. Numéro spécial du 15 juillet 1969.

les inclusions microscopiques et submicroscopiques, en particulier sur les sites de barrages et probablement lors de l'implantation d'autres grands travaux.

II. MOYENS DE COORDINATION DES ÉTUDES FUTURES

Les avantages de la division du travail, incontestables du point de vue de la mise en œuvre des techniques analytiques, ne doivent pas faire perdre de vue le but général des recherches sur les inclusions fluides. Chacune de ces inclusions correspond en un point donné de l'Ecorce terrestre à un instant précis des temps géologiques. A partir de ces innombrables données ponctuelles il faut reconstituer l'Histoire naturelle des relations entre les gaz, les liquides et les solides du Règne minéral. Cette grande synthèse ne saurait être qu'une œuvre collective, hors de la portée de savants isolés ou même d'équipes et groupes de recherche nationaux. C'est pour cette raison que, lors des XXIe, XXIIe et XXIIIe sessions des Congrès géologiques internationaux, s'est progressivement élaborée une collaboration à l'échelle planétaire.

Le travail de laboratoire, la pratique du terrain et les études théoriques doivent s'épanouir conjoitement. Dans chacun de ces domaines complémentaires diverses actions concrètes peuvent être envisagées. Dès à présent il est possible de proposer:

a) Information sur les appareillages

En raison de la diversification des techniques de recherche et d'étude, il est essentiel que les appareils inventés ne demeurent pas à l'état de prototypes. La documentation, qui concerne les méthodes de préparation et les instruments, devrait pouvoir être diffusée très largement entre les centres d'études des inclusions. Elle devrait également devenir facilement accessible aux spécialistes isolés, ainsi qu'aux laboratoires où les investigations directes sur les fluides géochimiques ne sont pas encore pratiquées.

b) Inventaire des régions où des recherches sur les inclusions ont déjà été effectuées sur le terrain

Une petite partie seulement des recherches effectuées sur les inclusions se trouve intégrée à des publications spécialisées, la plupart se trouve au contraire disséminée dans des publications minéralogiques, pétrographiques et géologiques présentant un caractère régional. Dans les monographies de terrain la description et l'interprétation des inclusions fluides tient une place variable. Il serait essentiel de tenir un inventaire de ces recherches pour que leurs résultats partiels puissent concourir d'une part à des synthèses régionales plus vastes, d'autre part à des études de portée générale.

Ainsi actuellement des études d'inclusions ont été faites sur tout le pourtour

du bassin méditerranéen, mais ce n'est guère qu'en Afrique du Nord que les premières tentatives de rassemblement des données obtenues sont actuellement entreprises, plus particulièrement au Maroc.

Pour le reste du continent africain on ne dispose que d'un très petit nombre d'études éparses de la Mauritanie au Cap et des îles de Loos sur littoral atlantique, au bord de la Mer Rouge. Il serait donc relativement facile à l'heure actuelle de rassembler les références bibliographiques sur la presque totalité des points étudiés. Une esquisse préliminaire de ce travail montre que la plupart des espèces d'inclusions ont déjà été découvertes sur le sol africain. Il serait également tentant d'effectuer un travail semblable pour l'Amérique Latine où des études systématiques ont ouvert des perspectives nouvelles. Parmi les résultats acquis, on peut citer, en premier lieu, les thèses de J. W. Brinck et G. Machairas (respectivement au Surinam et en Guyane française) sur le rôle de la carbopneumatolyse dans la genèse des filons de quartz aurifères. C'est grâce à la mission effectuée au Chili par N. Varlamoff que la notion d'hydromagma a pu être dégagée, sur l'exemple de dépôts d'allure pegmatitique. On sait également la part qui revient dans l'étude des reliquats magmatiques aux récoltes effectuées par L. Barrabé en Guadeloupe. Ce savant avait d'ailleurs ramené du Mexique des échantillons qui ont contribué à étendre ces recherches. Une demi-douzaine d'autres chercheurs se sont intéressés depuis à ces problèmes dans divers pays de l'Amérique du Sud: Argentine, Brésil, Pérou, Vénézuela, etc. Malheureusement il n'existe à notre connaissance ni en langue espagnole ni en langue portugaise aucun ouvrage d'ensemble sur les inclusions fluides.

c) Documentation sur les inclusions fluides

Le problème des publications concernant l'étude directe des fluides géochimiques ne se pose pas seulement pour l'Amérique du Sud. Ce n'est guère qu'en langue russe que l'on dispose actuellement d'un courant régulier de notes, communications et ouvrages permettant aux divers spécialistes des Sciences de la Terre de se tenir à jour de l'expansion des recherches sur les inclusions fluides. Depuis les travaux isolés de G. G. Lemmlein et la thèse fondamentale de N. P. Ermakov, publiée il y a vingt ans, plusieurs centaines de travaux ont été publiées en langue russe. Trois symposia spécialisés se sont tenus à Moscou, à Novosibirsk et à Alexandrov. Ce dernier avait réuni des délégués venus d'une trentaine de villes représentant une soixantaine de centres de recherche. Au cours de ces grandes rencontres de spécialistes, des analyses synthétiques des travaux parus en langues étrangères, en particulier en anglais et en français, sont publiées en russe. La pluralité des langues est certainement un obstacle, qui se dresse devant l'indispensable coopération internationale en vue de la synthèse mondiale des connaissances sur les fluides géochimiques.

Dans une récente étude A. I. TOUGARINOV[3]) estime à plus d'un millier le nombre des études déjà publiées dans le monde sur les inclusions fluides. Un énorme travail bibliographique devrait donc être entrepris à l'échelle planétaire sur ces publications. Il serait également souhaitable de compléter la diffusion de ces résultats par la distribution de documentation microphotographique et surtout microcinématographique: les films sur les inclusions ont en effet le grand mérite de rendre directement accessible la contemplation des phénomènes, qui se déroulent dans les fluides géochimiques. Ces documents animés sont essentiels pour initier les enseignants et les étudiants, de divers niveaux, aux aspects si variés, et variables, des inclusions liquides et gazeuses.

---

[3]) Geokhimia. Moscou 1969, n° 2, p. 131–145.