

L. KERVRAN

ALTÉRATIONS MÉTAMORPHIQUES DE CERTAINES ROCHES
APPLICATIONS A DES MINÉRAUX ALUMINO-SILICEUX NOTAMMENT

Résumé.

EXEMPLE DE L'ÉGLISE DE SIZUN (FINISTÈRE)

Le porche ouest de cette église montre un granite très altéré, aux sculptures comme fondues, coulées. Or cela ne s'observe pas dans les autres parties de l'église. Seul le porche est à quelques mètres seulement de maisons qui l'abritent du vent. Il y a ainsi une zone locale humide et calme qui favorise la prolifération microbienne.

Il n'y a pas d'altération connue des granites en plein vent (menhirs par exemple, qui ont 4 000 ans ; le porche de Sizun n'en a pas 200).

Il semble que les monuments devraient être dégagés des constructions trop proches afin que le grand air empêche la prolifération de microorganismes responsables de leur dégradation, même dans des régions où il n'y a ni industrie, ni ambiance chimique nocive quelconque comme à Sizun.

REMÈDE LORS D'UNE ATTAQUE MICROBIENNE
DÉCLARÉE

Une expérience conduite pendant onze années sur un mur coupé du sol par une chape de bitume a montré une formation bactérienne de salpêtre sur la chaux du mur. Le nitrate de potassium formé n'a pas pu venir en telle quantité, râclé tous les ans, des impuretés en K de la chaux ou du sable du mortier, ni du sol par migration. Un prélèvement, mis en incubation avec du carbonate de calcium pur, a montré une production de potassium.

L'arrêt de la prolifération sur le mur a été obtenu en le tamponnant avec de l'eau de Javel concentrée, cet antiseptique détruisant les bactéries. Depuis dix ans il n'y a pas eu production de salpêtre à cet endroit. Il est ainsi démontré qu'une altération microbienne sur un mur peut être stoppée par un antiseptique mouillant bien.

MALADIE DE LA PIERRE ET URBANISME

Le fait de construire un immeuble, de goudronner une cour peuvent conduire au « pourrissement » des schistes qui sont très près de la surface du sol. Sous la chape goudronnée, l'humidité se conserve, la température varie peu et reste relativement élevée, d'où une prolifération microbienne intense susceptible de modifier sensiblement le schiste, de le faire gonfler, de soulever le sol. Nous avons eu l'exemple d'une cour de ferme goudronnée. Cela a été signalé aussi dans la partie ouest de la ville d'Ottawa bâtie sur un schiste qui s'est gonflé par formation de gypse, soulevant des immeubles et les lézardant, la montée étant de plus de 1 mm par mois. Il y a donc lieu de tenir compte de ce phénomène microbien dans l'urbanisme et de prendre au départ des mesures préventives.

MÉTAMORPHISME DE ROCHES ALUMINO-SILICEUSES

Dans des grès de monuments du Cambodge, P. FUSIY et G. HYVERT ont noté (C.R. Acad. Sc. 29 juin 1964) une diminution importante de la silice puisque dans la roche saine il y a 76% de SiO₂ de plus que dans la roche altérée, tandis que CaO dans cette dernière est multiplié par 12 par rapport à la pierre saine, et sans qu'un apport extérieur de chaux ait pu être décelé. Des *Streptomyces* se trouvaient dans la pierre altérée.

Ce phénomène de modification de la teneur en silice de certaines roches, dites, à tort, éruptives, ou de minéraux métamorphiques, a fait l'objet de nombreuses observations et études. Des géologues constatent que des roches contenant K et pas Na se transforment en roches contenant Na et pas K (albitisation). Cela était inexplicable par la science classique car ce K disparu ne se retrouve nulle part dans les environs, et le Na apparu n'a pu venir de nulle part par migration. La transformation s'est faite sur place. Il en est d'ailleurs de même pour le granite et l'on se reportera aux études de G. CHOUBERT (*Ressources Naturelles*, t. VIII, UNESCO, 1968 et *Chron. des Mines et de la Rech. Min.*, Paris, novembre-décembre 1970).

Au Congrès international de Géochimie à Moscou, en juillet 1971, G. CHOUBERT, rappelant cette « paléogénèse nucléaire » du granite (et des laves) a évoqué aussi la formation de tectites qui ne sont nullement « tombées du ciel » ; elles ont été formées

sur place, lors de l'impact d'une grosse météorite. La différence entre leur composition et celle de la roche encaissante s'explique par le même effet de métamorphisme, car on ne trouve que les mêmes réactions exposées en 1960 et souvent désignées maintenant sous le nom « d'effet Kervran ».

Une étude faite lors d'une explosion atomique souterraine dans du granite montre aussi, à une distance où les effets de la pression et de la température avaient diminué, une augmentation de SiO₂ de 7% tandis que Al₂O₃ diminuait de 37,5%, d'où une compensation quantitative puisque dans la roche non altérée le rapport silice/alumine était inférieur à 6. On remarque qu'entre ²⁸Si et ²⁷Al il y a un proton de différence, l'aluminium, dans ce cas, se comporte en receveur de proton, au sein de son noyau atomique, pour devenir du silicium. Ces réactions entre éléments différant d'un proton s'observent entre ⁴⁰Ca et ³⁹K - ²⁶Fe et ⁵⁵Mn, etc.

Ce phénomène de passage de Al à Si est réversible, selon les roches (leur pH principalement). Les observations accumulées et analyses remontent à plus de 60 ans, mais elles étaient demeurées incomprises, tandis que nous avons maintenant les moyens de les reproduire en laboratoires, par des intermédiaires biologiques, qui peuvent être des microorganismes, ou par des méthodes purement physiques.

Un ouvrage russe, paru en 1971, dans un chapitre rédigé par le Professeur KOROLKOV, montre le passage de l'orthose à la muscovite. Il y a dans l'orthose KAlSi₃O₈ un atome de Si de plus que dans la muscovite H₂KAl₂Si₂O₈, mais on voit que dans la muscovite il y a, par rapport à l'orthose, un atome de Al et un atome H en plus ; la disparition d'un atome ²⁸Si donne ²⁷Al + ¹H.

Il n'est pas possible dans ce résumé de donner d'autres exemples. Signalons que des résultats publiés aux États-Unis à la suite d'expériences en laboratoires des hautes pressions, en 1971, ont confirmé de tels métamorphismes sur divers minéraux. En France des travaux sont aussi en cours, mais à ce jour il n'y a pas encore de publication. Ces recherches montrent que toujours les réactions obtenues se placent dans le cadre des règles de « l'effet Kervran » prouvant ainsi qu'il y a une structure du noyau de certains atomes qui n'avait pas été aperçue ; l'étude en laboratoire de physique est complémentaire de celle qui a été faite jusqu'à présent, seulement par voie biologique.

CONCLUSION

L'analyse des causes d'altération des pierres est à repenser dans certains cas afin de déterminer les origines des « maladies ». Le fait de trouver un accroissement du soufre par exemple n'est pas suffisant pour imputer ce soufre avec certitude, dans tous les cas et exclusivement, à des fientes d'oiseaux, à des émanations sulfureuses domestiques ou industrielles, à des remontées d'un sol parfois imperméable, etc. Les thiobactéries ont d'autres ressources. Une origine du phosphore a été démontrée en laboratoire de microbiologie appliquée d'une université japonaise, en culture bactérienne conduite de façon à sélectionner les espèces les plus actives, en vue d'applications ; cela aussi d'après les études de Kervran et l'étude de cet effet s'impose à tous afin de ne pas s'égarer dans la recherche des origines des altérations de certaines roches.

Abstract.

EXAMPLE OF THE SIZUN CHURCH (BRITTANY)

The west porch of this church shows a very altered granite. Only on that porch, shielded by close at hand walls of houses. Winds can't attain this part and that maintains moisture on the stones. Sculptures disappear become like melted tallow. That is due to a microorganism action. Very old granite stones, in the neighbourhood, as menhirs, about 4 000 years old, in the open air, are well preserved from a microbial attack. The Sizun church has been built only before 200 years. Monuments to be protected from a "stone sick" are to be desengaged from the proximity of the other buildings. At Sizun there are no chemical industries, the air is not polluted.

REMEDY TO DECLARED MICROBIAL ATTACKS

A wall is separated from the soil by a bed of bitumen. On that wall, there are plates of salpêtre. Potassium can't come from the soil, by migration, capillarity etc, because the bitumen. It becomes only from the lime on the wall. Taken away along 11 years it shoots out again. Such a quantity of potassium in the lime is impossible to explain the formation of salpêtre. It seems that, by a microbiological action, it is calcium that is the source of potassium, by loss of an hydrogen atom (a proton)? With an antiseptic, the formation of salpêtre was stopped.

STONES MALADIES AND URBANISM

Rock alterations have been observed under a layer of bitumen, under buildings, because of the increase of the moisture and the temperature in the soil under such a bed. By these data the microbiological activity increases. An interesting study has been made at Ottawa, because a building, founded on shale, suffered nearly 4 in. of heave to its basement floor slab. Investigations have shown the heave to be due to the weathering of the intrusive pyrites of the shale, in the presence of autotrophic bacteria. It is necessary to pay attention to the possibility of shale expansion larging in the underground because urbanism factors creating a favorable environment for a complex weathering process can occur. At Ottawa, in the shale was then observed an important amount of gypsum that swells the rock.

METAMORPHISM OF ALUMINO-SILICIOUS ROCKS

In sandstones monuments of the Camboge, P. FUSEY and G. IYVERT have noted (Acad. of Sc. Paris 29 June 1964) an important decrease of silica in altered stones. In the non-altered stones there is 76% SiO₂ more than in the "illness stones". And CaO is multiplied by 12. Streptomyces have been found in the altered stones.

Modifications of the rate of silica are well known by the geologists. They have permitted to Doctor in Sc., G. CHOUVERT, to give a new explanation of the granite formation (See: UNESCO, Paris, 1968. *Ressources Naturelles*, t. VIII, p. 53-93; and in *Chron. des Mines et de la Recherche minière*, Paris, November-December 1970).

At the 1st Intern. Congress of Geochemistry, Moscow 20-25 th July 1971, G. CHOUVERT, moreover that formation of granite, based on the "Kervran's effect", has shown that the tectites and impactites are well explained also by that effect, and come not from the "sky".

He examines the analysis that occurred post an underground atomic explosion in a granite mountain. Nearby the firing chamber, granite was melted along a space of 15 m diameter. Only on the last 1.2 m of the radius, metamorphism was observed (nothing nearer, except on the walls of the firing chamber where granite was volatilized). In the melted granite, after cooling, drillings have shown an increase of 7% of silica, a decrease of 37.5% of alumina. In the non-altered rock the ratio silica/alumina is a little under 6%. A small increase of SiO₂ comes from a great decrease of Al₂O₃, because that ratio. We see the inverse correlation between these values. That leads to propose the writing:

$$11Al + 1H \rightarrow 11Si$$

A great number observations have been made on the last 70 years according to such an inverse correlation between silica and alumina in metamorphic rocks. A Russian book, published in 1971, contains a chapter by Professor KOROLKOV, relate to the passage from orthose (KAlSi₃O₈) to muscovite (KHAl₂Si₂O₆). It is seen that in muscovite there are one atom Al and one atom H more than in orthose, but there is a Si atom more in the muscovite. Here also we can identify the disappearance of a 11Si atom, to give 11Al + 1H.

In numerous lands researches are made now to reproduce such a metamorphisms by means of high pressure and high temperature. Always the reactions observed are conform to the Kervran's effect. We have also in France experiments on that way. They are complements of the researches made till now only in biological way, to explain better the nuclear structures of certain atoms and know according to which way metamorphisms can occur in stones.

CONCLUSION

The origin of certain stone alterations can not be always imputed to chemical causes. Microorganisms are capable to operate biophysical changes. Researches made, i.e. in Japan — and elsewhere — with bacteria and algae confirm that explanation and my works. It is then easier to understand the phenomenon observed in the rocks of monuments. It was emphasized that the sandstones of the Strasbourg cathedral are weathered at an increasing rate of calcium: in the non-altered stones it is found only a small amount of lime. In the damaged stones there is often till 20% of gypsum and an analysis has given 40%. From where does come such an amount of Ca? and of S? Response, non absolute, was given for S, but the origine of Ca was not clear at

all. It is necessary to explain that, to think to the above cited phenomenon where it was verified, on the sandstones of Camboge (Angkor-Vat temple), a decrease of Si, an increase of Ca, always according to the Kervran's effect.

Je limiterai le sujet afin de pénétrer plus en détail dans quelques aspects encore peu connus du métamorphisme de certains minéraux essentiellement aluminosiliceux. Seules quelques altérations pourront être abordées à titre d'exemple car le phénomène est très vaste.

L'église de Sizun.

Dans un ouvrage de 1963 [1], j'ai reproduit des photographies que j'ai prises en 1962 à Sizun, dans le Finistère, à environ 30 km à l'est de Brest. C'est une bourgade sans industrie, à l'atmosphère non polluée et éloignée de la mer. Les sculptures du porche de l'église ressemblent à des coulées de sulf. Le granite est devenu friable; il s'écrase sous le doigt, la pointe d'un canif s'y enfonce sur 5 cm, comme dans du sable; certaines parties ne semblent d'ailleurs plus être qu'un sable fritté. D'autres endroits sont des coulées blanches de kaolinisation.

Seul le porche ouest est atteint. Il est très proche de maisons assez élevées pour l'abriter des vents d'ouest, mais peut recevoir la pluie, généralement plus verticale que les vents. Le reste de l'église, foudroyée par les pluies, balayée par les vents, ne présente aucune altération. Il y a autour du porche une atmosphère «feutrée», un confinement d'humidité non chassé par les vents et c'est surtout la partie intérieure du porche où la dégradation de la pierre est la plus marquée.

C'est dans les conditions les plus favorables à l'incubation microbienne que cette altération est constatée. Cependant l'étude microbiologique n'a pas été entreprise; il n'apparaît pas à la vue, de micro-algues en nappes.

Sur le plan pratique on peut, en extrapolant, dire que là où les vents chassent l'humidité il n'y a pas d'altération du granite. D'ailleurs les menhirs, vieux de près de 4 000 ans, dressés en plein champ, bien battus de toutes parts par les vents et la pluie, ne présentent nulle part, là où j'ai pu les observer, la moindre altération de la pierre, tandis que le porche de Sizun a été fortement dégradé en 200 ans.

En conséquence, il conviendrait d'essayer, chaque fois que ce sera possible, de dégager de toute construction voisine les monuments afin de prévenir la formation de micro-atmosphères d'incubation.

Traitement lors d'une attaque microbienne déclarée.

Une expérience sur un mur dont l'enduit était recouvert de salpêtre m'a montré que cette formation de nitrate de potassium se produisait au détriment de la chaux du mur [2]. Cela prouvé par plus de 10 années de raclages, ce qui ne pouvait donner comme origine, à ce nitrate de potassium recueilli, les seules impuretés en potassium dans la chaux primitive. De plus, le mur était séparé du sol par une chape de bitume, empêchant toute migration à partir du sol. Des prélèvements (mis en incubation) en solution de carbonate de calcium pur ont montré un enrichissement en potassium. Après plus de 10 années je décidais d'arrêter l'expérience en tuant les bactéries: l'emplacement salpêtré fut tamponné avec de l'eau de Javel concentrée du commerce et, depuis, le salpêtre ne s'est plus formé, il y a de cela douze ans.

On peut donc arrêter certaines altérations microbiennes par un grattage suivi d'un lavage puisant d'un antiseptique assez abondant et mouillant pour pénétrer dans les pores superficiels de la roche afin d'y tuer la flore microbienne.

Maladies de la pierre et urbanisme.

Un cultivateur me signalait, début 1972, avoir voulu rendre la cour de sa ferme plus agréable pour la circulation en la goudronnant. Sous le goudron, l'humidité se maintient, il n'y a pas de période de dessiccation; cette matière noire absorbe la chaleur, de sorte que la température sous-jacente est plus élevée. A son étonnement, il vit la cour se bosseler au point que, par endroits, il a fallu défoncer le goudron. Il a alors constaté que c'est le schiste qui affleurait presque partout qui a «pourri» et s'est gonflé.

Ce phénomène est la cause aussi, parfois, du soulèvement du revêtement de certaines routes. C'est une altération microbienne du schiste qui peut se métamorphiser et gonfler. Une étude intéressante sur ce sujet a été faite à Ottawa [3].

Dans la partie ouest de la ville, l'urbanisation a conduit à revêtir le sol, par la voirie et par les immeubles. Le sol y est constitué surtout de schistes affleurant. Or ces schistes se sont gonflés, entraînant le soulèvement des murs, par endroits à raison de plus

de 2 cm/an, et irrégulièrement (moyenne de 1 mm/mois), d'où des conséquences graves pour les immeubles. Si bien qu'il a entraîné une étude officielle qui a été publiée. Il est hors de mon sujet de la discuter ici et si je la signale c'est pour montrer l'importance du problème de l'altération microbienne des pierres même en urbanisme.

En pédologie.

Ce sujet est hors du programme de ce Colloque, mais il est utile de rappeler que certaines études faites en pédologie peuvent apporter des explications et des solutions dans des cas de pierres de monuments. Mentionnons à titre d'exemple une étude de J. BERTHELIN [4] sur l'altération microbienne du granite.

Métamorphisme de roches.

Rappelons encore, très brièvement, les analyses de pierres altérées et non altérées faites par P. FUSEY et G. HYVERT, publiées dans une communication à l'Académie des Sciences du 29 juin 1964 [5]. Ces deux spécialistes de la protection des matériaux, du Muséum national d'Histoire naturelle, citent des valeurs relevées sur des grès d'un temple d'Angkor. Retenons seulement deux valeurs :

	Dans le grès sain	Dans le grès altéré
SiO ₂	63	35,8
CaO	1,40	17,34

On remarque la très forte diminution de SiO₂ (il y a 76% de silice de plus dans la pierre saine que dans la pierre malade). La multiplication de CaO par plus de 12 est impressionnante. Toutes les recherches sur les causes de ces fortes variations sont restées sans explication classique et les auteurs n'en avancent d'ailleurs aucune : ils constatent, sans plus. Là où il y a disparition de Si, apparition de Ca il a été relevé la présence de sept espèces de Streptomyces.

Roches métamorphiques.

Mais ce sont les roches métamorphiques qui vont le plus retenir notre attention car il s'agit souvent des constituants des pierres d'œuvre. Et il nous est apparu qu'il y a là une clé expliquant certaines altérations des pierres.

La plupart des études publiées ne sont que des vues partielles ; elles font des constatations, mais ne sont pas poussées jusqu'au terme final, d'où des explications non prouvées. Il est indispensable d'établir la balance totale des éléments avant et après altération. Cela implique une analyse quantitative du total de chaque élément étudié, car l'étude du rapport entre éléments n'est pas suffisante puisque l'on peut penser qu'il s'est produit une concentration préférentielle, des migrations, et c'est pourquoi seule la balance totale est sûre.

Des recherches faites au Japon par le Professeur H. KOMAKI chef du laboratoire de microbiologie appliquée d'une université, ont fait l'objet de publications en France [6]. Ces recherches ont été inspirées de mes travaux ; elles ont montré qu'en culture microbienne il y a de nombreuses espèces capables de faire augmenter le potassium ou le phosphore, alors que le milieu nutritif ne contient ni K, ni P. Cela ne peut dès lors s'expliquer par une opération de solubilisation. J'évoque seulement ces recherches pour montrer que dans d'autres pays il a été montré que des microorganismes sont capables d'opérer des réactions sub-moléculaires.

Il convenait d'essayer de se passer de l'intermédiaire du vivant, toujours complexe, pour mieux cerner un phénomène que j'attribuais à une structure, demeurée inaperçue, du noyau de certains atomes.

Le problème se compliquait du fait que le vivant opère par des moyens qui nous sont souvent inconnus, et avec des énergies extrêmement basses. Le prix Nobel Szent Györgyi a tenté une explication, dans le domaine de la biochimie, au niveau des électrons des atomes, c'est-à-dire au niveau sub-moléculaire. Mais le domaine de la physique en biologie est encore à peine abordé. Certains organismes vivants sont capables d'unir un atome d'azote et un atome d'oxygène, à froid. En laboratoire il nous faut la température de l'arc électrique, ou bien à la fois une forte pression et une haute température. L'échelle des énergies est très différente. De même pour réaliser *in vitro* certains métamorphismes de minéraux, effectués à froid par des microorganismes, il nous faut avoir recours à des températures et des pressions très élevées. Et cela à des niveaux qui ne sont accessibles à nos techniques que depuis peu d'années.

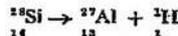
Observations préalables sur certains métamorphismes naturels.

Il est maintenant admis par bien des géologues que le granite n'est pas une roche éruptive, mais qu'il s'est formé sur place, sous l'effet de pressions et de températures assez fortes, lors d'une orogénèse, à partir de schistes encaissants. Aucune explication satisfaisante n'avait pu être donnée par la science classique depuis 150 ans, car l'explication courante se heurtait à certaines impossibilités. La publication de mes premiers travaux en 1960 a ouvert la voie et on trouvera, se référant à ces travaux, des études sur la formation du granite par le géologue docteur-ès-sciences Georges CHOUBERT, dans un ouvrage de l'UNESCO, de 1968 [7] et dans une revue des Mines de 1970 [8].

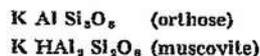
En outre une conférence de G. CHOUBERT (en russe, non publiée en français à ce jour, mais traduite en anglais) a été prononcée lors d'un congrès international de géochimie à Moscou, en 1971 [9]. Il y a rappelé ce qu'il appelle la « palinogénèse nucléaire » du granite (et de certaines laves). Elle est suivie d'un chapitre sur les impacites et les tectites. Point n'est besoin d'admettre qu'elles sont « tombées du ciel » comme on l'avait fait jusqu'à ces dernières années, car il montre, d'après diverses analyses, que si leur composition est différente de celle des roches encaissantes, cela s'explique par les formules résultant de mes travaux.

Il cite aussi et interprète les résultats des analyses faites lors d'une explosion atomique souterraine, dans du granite (fig. 1). Il est remarqué qu'à proximité de la chambre de tir, la température très élevée a partiellement volatilisé la roche, tandis qu'une autre partie se liquéfiait et se vitrifiait en se refroidissant. Cependant les conditions physiques étaient insuffisantes pour obtenir dans la roche des fissions ou des fusions atomiques classiques. Par contre plus loin, là où température et pression avaient diminué, il était constaté une modification de la composition atomique du granite : la silice avait augmenté, l'alumine avait diminué. De plus il y avait compensation quantitative entre ces variations en sens inverse, compte tenu du rapport initial Si/Al. La diminution de l'alumine a atteint un maximum de 37,5%, la variation allant en diminuant à mesure qu'on s'éloigne de la chambre de tir. Il n'est donc pas interdit de penser qu'en ce cas Al, avec un proton, a donné Si, selon l'écriture que j'adoptais il y a 13 ans : ${}_{13}\text{Al} + {}_1\text{H} = {}_{14}\text{Si}$.

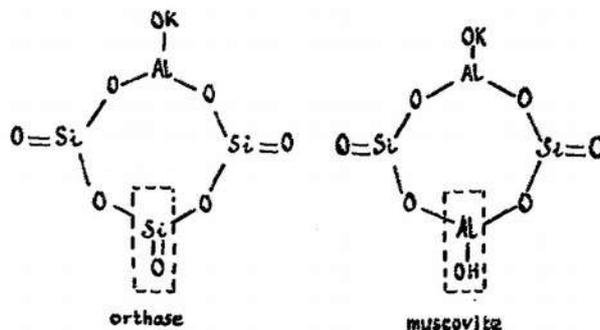
Les Russes se sont intéressés à cet aspect du métamorphisme des roches et dans un ouvrage collectif, dirigé par V.B. NEIMAN (secrétaire scientifique des Sciences naturelles cosmiques) édité en 1971 [10] et que l'auteur m'a fait parvenir, il se trouve un chapitre où P.A. KOROLKOV attire l'attention sur divers métamorphismes (ainsi que dans un texte de 1972 qu'il m'a fait parvenir). Je n'en mentionnerai qu'un, pour rester dans le domaine Al → Si (ou son inverse : Si → Al, car selon les conditions physiques et selon la composition des roches la réaction se fait dans un sens ou dans l'autre). Il explique le passage de l'orthose à la muscovite en déclarant que la seule solution possible est qu'il y a une diminution d'un atome de Si dans l'orthose et apparition dans la muscovite d'un atome de H et d'un atome de Al en plus, ce qui confirme notre écriture :



La proportion de K, Al et Si varie beaucoup dans les muscovites. Les formules retenues par KOROLKOV sont :



Ce passage d'un atome Si à Al + H ressort aussi des diagrammes de réticules ci-après, donnés par KOROLKOV (ou KOROLKOFF)



Ce phénomène de métamorphisme sur place a été constaté depuis longtemps. J'évoquerai par exemple l'intéressante publication de L. DUPARC, en 1908 [11]. Voici quelques valeurs où

Variation de SiO_2 et Al_2O_3 dans des granites d'In Eker (Hoggar) sous l'effet d'une explosion atomique souterraine.
 - La transmutation de ^{23}Al en ^{24}Si (Al diminue, Si augmente) commence à 5,40 m du point de tir -

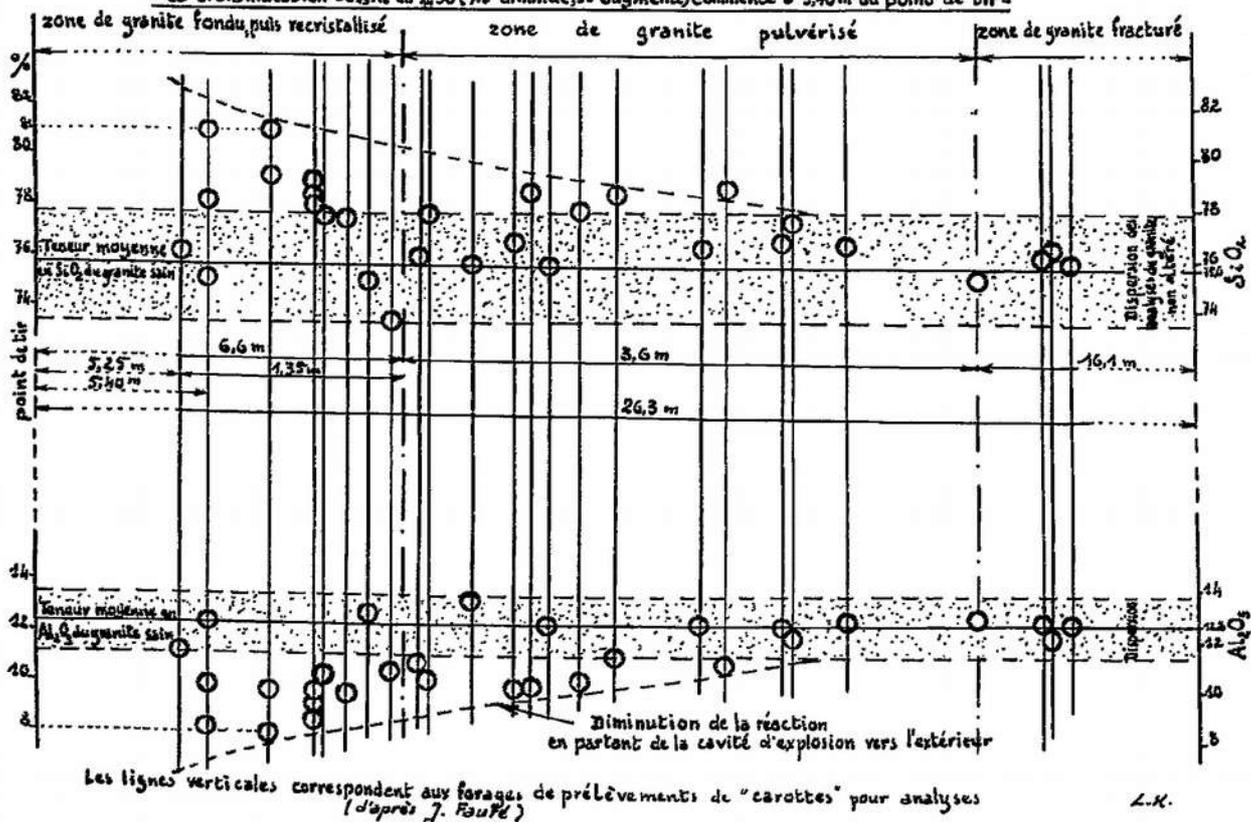


Fig. 1

Il ne sera retenu que Si et Al pour rester dans ce cadre limité, car le métamorphisme s'étend aussi à Ca et Mg notamment)

	Pyroxène	Amphibole
SiO_2	50,87	52,82
Al_2O_3	4,57	3,21
	55,44	56,03

On voit que Al_2O_3 était au départ de 42% plus élevée.

Il donne les diverses raisons pour lesquelles il peut seulement être retenu que c'est le cristal de pyroxène qui s'est métamorphosé en amphibole, qu'il ne peut y avoir d'apport, ni de départ. Il cite des réactions inverses, où Si augmente, tandis que Al diminue, ce qui semble lié au pH du pyroxène, voici un exemple :

	Pyroxène	Amphibole
SiO_2	50,91	43,34
Al_2O_3	2,64	12,60
	53,55	55,94

Nous avons indiqué le total silice + alumine pour montrer qu'à moins de 5% près il reste constant, ce qui est un indice de plus en faveur d'un passage de l'un à l'autre, une convergence de plus pour nos travaux.

Recherches récentes.

Des Américains se sont penchés aussi sur ce problème et il y a des publications récentes, telles celle de J. AKELLA qui, avec Georges KENNEDY, a publié en 1971 [12] une étude où il montre que dans un grenat la grossulaire, qui contient Ca, pas Mg, passe de 35% pour 19,5 kilobars à 65% pour 29,2 kilobars, soit une augmentation du minéral calcique de 85%, tandis que le pyrope, qui contient Mg, pas Ca, passe, pour les mêmes pressions, de 18 à 8% ; il y a donc, au départ 125% de plus de pyrope. Cependant Akella n'a pu opérer que sur 30 mg de matière, du fait du matériel disponible et aucun bilan exact de Ca et de Mg n'a pu être fait, d'où une explication procédant par déduction et non par vérification ; pour des raisons diverses, je ne saurais

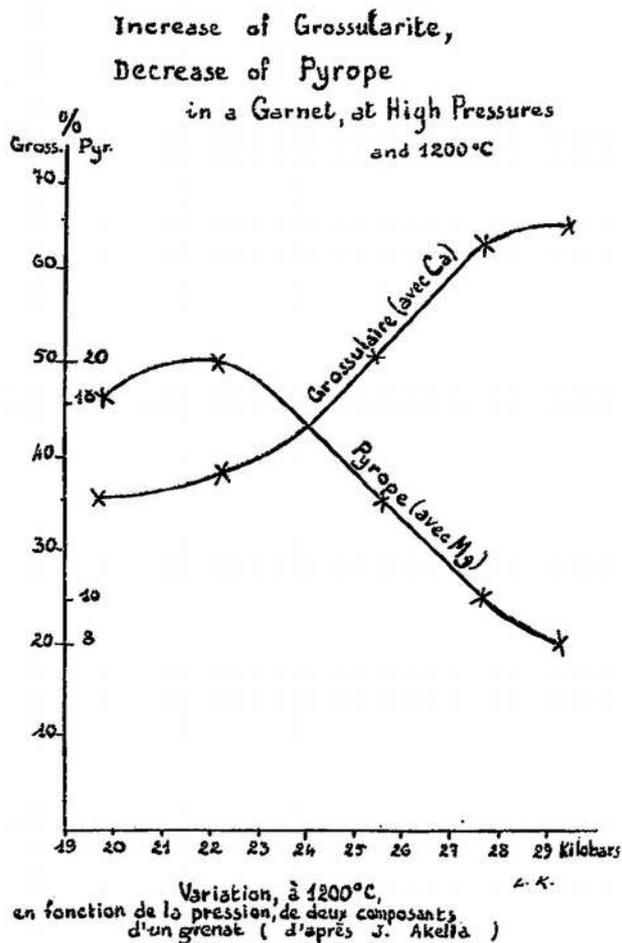
retenir l'explication d'AKELLA, contredite d'ailleurs par un diagramme des températures d'eutectie qu'il donne (nous avons établi fig. 2, des courbes d'après le tableau d'AKELLA).

Nous pouvons maintenant réaliser de telles recherches en France. J'avais pensé, en acceptant de répondre favorablement à l'invitation du Président de ce Colloque, pouvoir vous donner au moins les premiers résultats. Hélas, en France, les formalités administratives ont fait que nous avons pris plus de six mois de retard sur nos prévisions de fin 1971. De telles expériences exigent des matériels rares et très occupés. Il faut obtenir de nos grands organismes scientifiques, relevant de plusieurs ministères, les autorisations d'utilisation, puis attendre son tour. Je peux seulement vous dire à ce jour que la première phase des travaux a été faite. Nous opérons, pour le moment, sur du pyrope, puis nous passerons à de la grossulaire. Non seulement il sera vérifié l'éventuelle augmentation du rapport Ca/Mg, signalée par trois équipes de chercheurs américains sur divers minéraux, mais il sera étudié aussi la variation éventuelle de Si/Al.

Notre but est de voir — ce que n'ont pas fait les chercheurs précédents — s'il y a bien modification du poids total de quelques éléments composant ces minéraux. Nous pourrions utiliser des pressions jusqu'à 50 kilobars et opérer sur des échantillons jusqu'à 500 mg, soit 15 fois plus que dans la recherche d'AKELLA. Cela nous permettra de mieux cerner le mécanisme d'un processus qui a été mis en évidence sur de la matière vivante, par des analyses très sensibles et spécifiques, comme la spectrophotométrie d'absorption atomique, ou par activation neutronique pour certaines expériences. Tous les résultats sont positifs et convergents, mais nous ne saurions donner des détails dans le cadre du présent Colloque.

Conclusion.

Ces résultats nous ont conduit à compléter certaines notions de physique nucléaire. Il n'est pas question de remettre en cause ce qui a été acquis par la physique classique dans un domaine opératoire bien précis. Mais nous avons montré, et surabondamment démontré par des centaines d'expériences diverses, répétées et confirmées par d'autres, qu'il y a d'autres aspects ne pouvant être mis en évidence que dans des conditions opératoires totale-



▲ Fig. 2

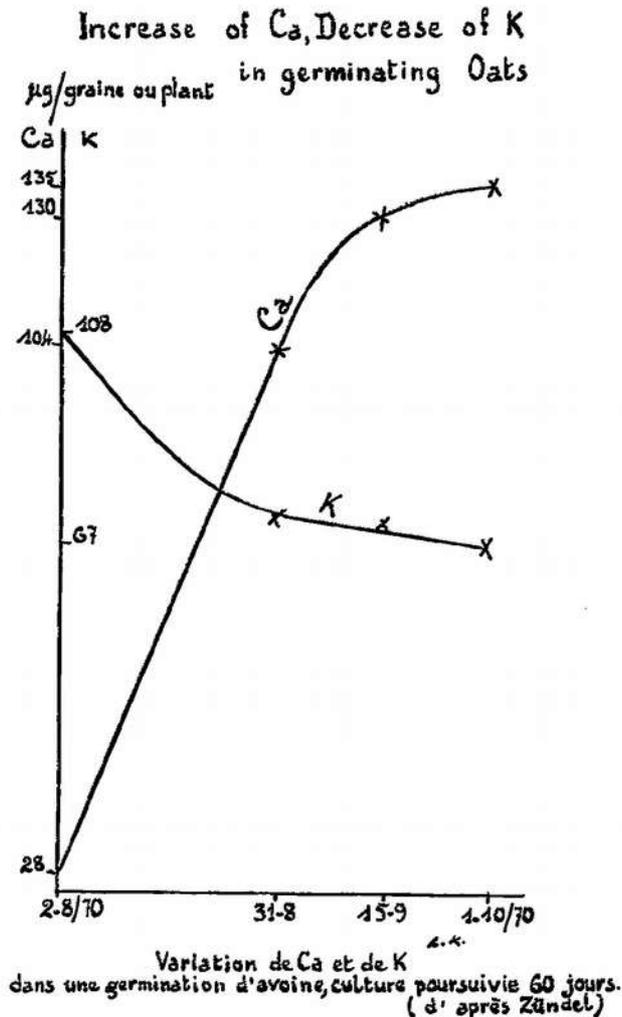


Fig. 3 ▶

ment différentes. Nous n'avons pas le droit d'extrapoler des lois de physique à des phénomènes observés dans des conditions différentes de celles qui ont servi à établir ces lois.

Nous pensons maintenant, par des moyens purement physiques, montrer que des phénomènes observés en biologie, par nous et par d'autres (voir par exemple une publication dans un récent bulletin de l'Académie d'Agriculture de France et ci-contre un schéma résumant ces résultats communiqués (fig. 3) [13] s'expliquent par une structure du noyau de l'atome qui rend possible la reproduction de ces phénomènes, dans des conditions énergétiques très différentes certes, mais qui n'ont rien de commun avec des fissions ou des fusions de la physique nucléaire classique. Il se produit ce que nous avons appelé des « transmutations à faible énergie », non radioactives, phénomène sur lequel je ne puis m'étendre ici.

J'espère qu'une fois les recherches en cours terminées, nous pourrions mieux comprendre certaines modifications induites dans la pierre de nos monuments par des microorganismes. Connaissant la cause et le mécanisme il sera peut-être plus facile de mieux établir une prospective des moyens préventifs, toujours préférables aux moyens curatifs.

Le faisceau de convergences dont nous venons de donner un aperçu est tel que nous pouvons maintenant, avec des matériels modernes, aller plus avant. Mais quel que soit le résultat de ces recherches, il ne portera que sur l'explication du phénomène observé. Il importe donc de réunir le maximum d'observations dans l'étude des détériorations des pierres en œuvre. Pour cela avoir certes, présentes à l'esprit, certaines réactions évidentes de chimie et de biochimie, mais aussi songer à des réactions biophysiques, trop peu étudiées à ce jour. Notre but, au présent Colloque, a été de poser un jalon sur cette nouvelle voie à explorer.

Bibliographie.

[1] KERVRAN L. — *Transmut. Natur.*, Maloigne, Paris, édit. 1963 (2^e édit. 1966).

[2] KERVRAN L. — *Transmut. à faible énergie*, Maloigne, 1972, réédit.

[3] PENNER E. and Coll. — « Investig. of heave in Billings shale by mineralogical and Biogeochemical methods », *Ottawa Canadian Geotechnical Journal*, vol. VII, n° 3, August 1970.

[4] BERTHELIN J. — *Science du Sol*, n° 1, 1971, Centre de Pédol. CNRS, Nancy.

[5] FUSEY P. et HYVIERT G. — *C.R. Acad. Sc.*, Paris, 29 juin 1964.

[6] KOMAKI H. — « Sur la form. de K par diff. familles de microorg. en milieu sans K », *Rev. Pathol. Compar.*, 65, 393-395, 1965.

« Product. de protéines par 29 souches de microorg. et augment. de K en milieu avec Na », *Rev. Pathol. Comp.*, 67, 213-217.

« Product. de protéines par des microorg. en milieu avec ou sans K, avec ou sans P ». *Rev. de Pathol. Comp.*, 69, 83-88, 1969.

[7] CHOUBERT G. — *Ressources naturelles*, t. VIII, p. 53-93, UNESCO, 1968: « Note sur le mécanisme probable des granisations ».

[8] CHOUBERT G. — « Note sur les granites du nord-est brésilien », *Chron. des Mines et de la Rech. minière*, Paris, novembre et décembre 1970.

[9] CHOUBERT G. — « Le Problème du granite », Communication au Premier Congrès international de Géochimie, Moscou, 20-25 juillet 1971 (en russe et traduction anglais de G. GHE-ROTZKY).

[10] NEIMAN V.B. — *Problème des transmutations dans la nature* (en russe), édit. Ayastan-Erevan, 1971.

[11] DUPARC I. — « Sur la transformation du Pyroxène en Amphibole », *Bull. de la Soc. franc. de minéral.*, 1908, p. 1-29.

[12] AKELLA J. et KENNEDY G. — « Studies on anorthite + diopside-hedenbergite at high pressures and temperatur. ».

- Publ. 852, Instit. of Geophys and Planet. Phys., Univ. of Calif., in *American Journ. of Sc.*, 270, February 1971, 155-165.
- [13] ZUNDEL J.E. — « De quelques expériences concernant la germination de l'avoine », *C.R. Acad. d'Agric. de France*, 4, 1972.

Discussion.

M. SCHIPPA : Demande si les divers auteurs ont examiné les roches avant et après la détérioration au moyen des rayons X.

Réponse : Les cristaux ont été identifiés par :

- Diffraction aux rayons X ;
- Par mesure de l'angle de réfraction.

Dans d'autres cas la mesure qualitative et, approximativement quantitative a été faite par micro-sonde électronique, au début et en fin d'expérience.

En outre, diverses autres observations ont été faites au microscope optique : angle de clivage, continuation des failles à travers les deux minéraux, celui d'origine et celui qui a été métamorphisé.