

l'élaboration des programmes nucléo-énergétiques futurs et sur la nécessité de faire d'autres études dans ce domaine. D'une façon générale, il est apparu que les études sur les effets associés et combinés entrepris jusqu'ici semblent indiquer que ces conséquences particulières des réalisations nucléo-énergétiques n'entraîneront pas de dommages sérieux pour l'environnement. Toutefois, il s'est avéré nécessaire de continuer les recherches sur les effets associés et combinés pour confirmer ces conclusions.



RAPPORT SUR LE COLLOQUE INTERNATIONAL RELATIF AU PHENOMENE D'OKLO, LIBREVILLE (GABON), JUIN 1975

La réunion a compté 73 participants venus de 19 pays.

Le phénomène d'Oklo

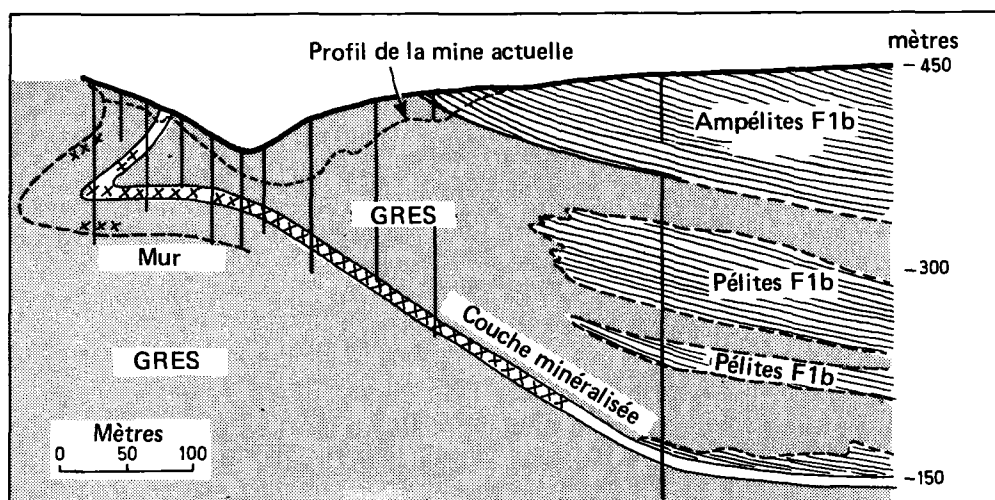
Une conférence scientifique sur le phénomène d'Oklo s'est déroulée au Gabon, en Afrique occidentale, du 23 au 27 juin de cette année. Elle était organisée conjointement par l'Agence internationale de l'énergie atomique, les autorités gabonaises et le Commissariat français à l'énergie atomique (CEA). Le phénomène d'Oklo, qui tire son nom d'une mine d'uranium située au Gabon, présente un intérêt considérable pour les géologues, les spécialistes de la géochimie isotopique et les physiciens des réacteurs puisqu'on a découvert que des réactions nucléaires se sont produites pendant au moins 100 000 ans, il y a environ 1,8 milliard d'années, au sein de ce gisement riche en uranium.

DECOUVERTE D'UN REACTEUR NUCLEAIRE FOSSILE

En septembre 1972, le monde scientifique a été informé d'une découverte extraordinaire faite par des chercheurs du Commissariat français à l'énergie atomique: la preuve de l'existence de très anciennes réactions de fission en chaîne dans un gisement d'uranium du Gabon. Les foyers de réaction sont constitués par plusieurs amas compacts de minerai à très haute teneur. Au total, plus de 500 tonnes d'uranium ont participé aux réactions et la quantité d'énergie dégagée a atteint près de 100×10^9 kWh. L'intégrale du flux neutronique a dépassé en certains points $1,5 \times 10^{21}$ n/cm² et on a trouvé des échantillons dans lesquels la teneur en isotope ²³⁵U descend jusqu'à 0,29% alors qu'elle est de 0,72% dans l'uranium naturel. Pour que des taux aussi élevés aient été atteints, il a fallu que les mécanismes de contrôle des réactions nucléaires soient tout à fait exceptionnels.

L'état de conservation de ces "réacteurs nucléaires fossiles" est remarquable, et il est apparu que l'uranium avait gardé sa configuration de l'époque d'une manière tellement fidèle que les distributions de taux de réaction à travers les terrains peuvent être interprétées en termes de physique neutronique. En fait, tout un épisode d'histoire géologique peut être étudié grâce aux innombrables "traceurs" provenant des réactions nucléaires, histoire qui va de la mise en place de très fortes concentrations d'uranium il y a environ un milliard huit cents millions d'années jusqu'aux altérations récentes.

L'Agence internationale de l'énergie atomique a estimé que le phénomène d'Oklo pourrait constituer un excellent sujet de coopération internationale en matière de recherche fondamentale; elle a donc accepté la proposition du Gouvernement gabonais et du Commissariat français à l'énergie atomique d'organiser un colloque pour faire connaître les résultats déjà obtenus, comparer les interprétations auxquelles ils ont donné lieu et établir des programmes éventuels de recherches communes.



Coupe de la formation minière d'Oklo. Dessin: New Scientist.

Le programme du colloque, qui a été établi en grande partie par le Centre d'études nucléaires de Saclay, a porté sur trois domaines distincts: les sciences de la terre, la géochimie isotopique et la physique des réacteurs.

SCIENCE DE LA TERRE

La réunion a commencé par une présentation de la situation générale des séries sédimentaires précambriennes où se situe le gisement d'Oklo par rapport au continent africain; les participants ont ensuite étudié de façon plus approfondie le bassin de Franceville afin de définir les rapports chronologiques entre les différentes unités géologiques et la disposition précise du gisement d'Oklo. Ils ont examiné la minéralogie et la pétrologie des minerais composant la gangue et des roches voisines, ainsi que la répartition dans l'espace de tous les effets qui peuvent encore être observés sur les minéraux à l'endroit même où se sont produites les réactions d'Oklo, et à proximité. L'histoire des minéralisations a montré que celles-ci ont subi les effets de la chaleur produite par la réaction. Les débats ont également porté sur la micro-répartition des dommages causés par les rayonnements, la chimie du carbone et la répartition des gaz rares dans le cadre d'une étude pluridisciplinaire des minerais d'uranium d'Oklo.

GEOCHIMIE ISOTOPIQUE

Les séances scientifiques sur la géochimie isotopique ont commencé par une description de la découverte de l'anomalie et des méthodes d'analyse isotopique qui ont été employées aussi bien avant qu'après la découverte pour rechercher les constituants et vérifier l'existence de l'anomalie. Les travaux ont ensuite porté sur l'âge des minerais d'uranium et la date des réactions nucléaires. Il est apparu que les chiffres relatifs à l'uranium et aux produits de fission sont extrêmement différents sur le pourtour de la zone de réaction. Cette partie du réacteur pourrait avoir subi des modifications physiques et chimiques très importantes par rapport à la zone centrale du gisement. On a examiné si la migration des nucléides à Oklo pourrait contribuer à l'étude du problème du stockage géologique des déchets radioactifs et il est apparu que dans le milieu géochimique d'Oklo, les produits de fission qui ont migré de façon importante depuis 1 milliard 800 millions d'années sont Kr, Xe, Cs, Sr, Ba, Mo et I. Deux de ces éléments, Sr et Cs, présentent un intérêt particulier

pour le stockage des déchets nucléaires et on a montré que la mobilité de Sr n'était pas suffisante pour entraîner son déplacement total. Il est possible que le taux de dispersion ait été suffisamment faible par rapport à la période de ^{90}Sr (29y) pour que cet élément ne sorte pas ou ne sorte que très peu de la zone du réacteur.

PHYSIQUE DES REACTEURS

Certains exposés traitaient de la physique des réactions et étudiaient l'équilibre neutronique dans les réactions nucléaires d'Oklo, la répartition de la fluence déterminée par analyse isotopique des terres rares, une interprétation neutronique de la répartition du taux de réaction, des modèles du comportement de l'uranium et des produits de fission, et les problèmes posés par le mécanisme de régulation de ces réactions.

TABLES RONDES

Des Tables rondes ont été organisées pour étudier ces trois grands domaines et déterminer les points sur lesquels devrait porter la recherche dans l'avenir. Elles ont permis d'examiner un certain nombre de questions dans chacun de ces secteurs.

Sciences de la terre

- 1) La reconcentration de l'uranium qui a donné naissance aux amas formant les foyers de réaction a-t-elle été contemporaine de la mise en place de l'uranium dans le reste du gisement ou s'agit-il d'une phase ultérieure?
- 2) Les raisons de cette accumulation sont-elles principalement d'origine sédimentologique ou d'origine tectonique?
- 3) Quel a été le rôle des matières organiques et comment explique-t-on leur absence dans les zones de réaction?
- 4) Les différences minéralogiques observées entre le minerai des zones de réactions et celui qui les entoure sont-elles liées à l'accumulation de l'uranium ou sont-elles la conséquence des réactions nucléaires?
- 5) Comment peut-on concilier les faits prouvant à la fois la stabilité de l'uranium et la restructuration de la gangue.
- 6) Quels ont pu être l'importance et l'étalement dans le temps de la diagenèse qui a suivi les réactions nucléaires et quelles ont pu être les pressions et températures principales au cours des différentes phases?

Géochimie isotopique

- 1) Conclusions sur la stabilité de l'uranium dans l'auréole de contamination, problèmes posés par les différences de proportion du plomb, moyen de concilier les différents résultats obtenus, en particulier l'explication à donner du déficit constant de plomb à l'intérieur de la zone de réaction.
- 2) La migration des terres rares relativement à l'uranium.
- 3) Le problème des alcalins et l'interprétation des résultats des datations au moyen des alcalins?
- 4) Données concernant la date des réactions.
- 5) Conclusions concernant la stabilité ou la migration d'autres éléments tels que le plutonium.
- 6) Enseignements à tirer pour améliorer le stockage des déchets?

Physique des réacteurs

- 1) Examen des mécanismes ayant permis le déclenchement, la poursuite, le contrôle et finalement l'arrêt des réactions nucléaires et, à ce sujet, des perturbations créées par les réactions, de l'effet de propagation, du rôle des poisons, du rôle de l'eau et des conséquences sur les températures.
- 2) Durée des réactions et mesures permettant de la calculer; évolution de la puissance en fonction du temps.
- 3) Intérêt éventuel d'études thermohydrogéologiques, répétitivité du phénomène et étude de son caractère, exceptionnel ou prévisible.

AVENIR DE LA RECHERCHE

Les participants ont débattu de l'avenir du site et des mesures déjà prises pour le sauvegarder. Ils ont estimé qu'il fallait prélever des échantillons supplémentaires pour les recherches futures.

Les participants ont tous souhaité que d'autres réunions techniques de ce type soient organisées et ils ont demandé que l'Agence envisage d'accorder son aide aux trois groupes de travail techniques spécialisés.

Un compte rendu complet du colloque devrait être publié par l'Agence avant la fin de 1975.



COLLOQUE INTERNATIONAL, OTANIEMI, FINLANDE, 30 JUIN—4 JUILLET

Le colloque sur "les effets radiologiques des rejets des installations nucléaires dans les milieux aquatiques" a réuni 150 chercheurs et spécialistes venus de 26 pays et de quatre organisations internationales. Trente-trois exposés ont été faits à cette occasion au cours de dix séances.

Effets radiologiques sur les milieux aquatiques

Les progrès techniques rapides et leurs conséquences bénéfiques pour la société se sont accompagnés d'une multiplication parallèle des problèmes écologiques et humains. Le moment est venu de faire le point sur les effets de ces nouvelles techniques et particulièrement de celles qu'utilise l'industrie nucléaire, car nous abordons une époque qui verra la prolifération rapide de centrales nucléaires dans le monde.

Tant que l'homme continuera à utiliser l'énergie nucléaire, il ne pourra, semble-t-il, éviter totalement les rejets de matières radioactives dans le milieu. Il s'agit donc de limiter et de maîtriser ces rejets de façon que leurs effets nuisibles à l'homme et à son milieu soient maintenus à un niveau acceptable. Nous pouvons maintenant mettre à profit une expérience de trente ans concernant l'effet des matières radioactives sur le milieu. C'est afin d'analyser cette expérience et d'examiner les résultats d'études récentes sur la sécurité relative aux rejets des installations nucléaires dans les cours d'eau, les estuaires et la mer, que le colloque international sur les effets radiologiques des rejets des installations nucléaires dans les milieux aquatiques s'est tenu à Otaniemi, près d'Helsinki.