

detem Bleiglanz (RAMDOHR 1960 und LEUTWEIN & HERRMANN 1954), in diesem besonderen Fall auch unter den hier herrschenden zementativen Bedingungen möglich ist.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei an dieser Stelle für die leihweise Überlassung einer Elektronenmikrosonde an Herrn Prof. Dr.-Ing. A. MAUCHER, der uns freundlicherweise an diesem Instrument hat arbeiten lassen, bestens gedankt. Herrn Prof. Dr. E. PREUSS danken wir für die spektrographischen Analysen der Pyrite von Rio Marina.

Literatur

- BODECHTEL, J.: Zur Genese der Eisenerze der Toskana und der Insel Elba. — N. Jb. Miner. Abh. **103**, 147—162, 1965.
- CHAPMAN, E. P. & STEVENS, R. E.: Silver and bismuth bearing galena, Leadville, Colorado. — Econ Geol. **28**, 674—685, 1933.
- GRAESER, S.: Giessenit — ein neues Pb-Bi-Sulfosalz aus dem Dolomit des Binnentales. — Schweiz. Min. Petr. Mitt. **43**, 471—478, 1963.
- HAYASHI, S.: Cosalite from the Hagidaira mine, Gun'ma Prefecture, Japan. — Miner. Journ., Japan, **3**, 148—155, 1961.
- VAN HOOK, H. J.: The ternary system $Ag_2S-Bi_2S_3-PbS$. — Econ. Geol. **55**, 759—788, 1960.
- LEUTWEIN, F. & HERRMANN, A. G.: Kristallchemische und geochemische Untersuchungen über Vorkommen und Verteilung des Wismuts im Bleiglanz der kiesig-blendigen Formation des Freiburger Gangreviers. — Geologie, **3**, 1039—1056, 1954.
- LOTTI, B.: Silberhaltige Bleierze bei Rosseto. — Z. f. Prakt. Geol. **13**, 141—145, 1905.
- RAMDOHR, P.: Die Erzminerale und ihre Verwachsungen. — Akademie Verlag Berlin 1960.
- TOLUN, R.: A study on the concentration tests and beneficiation of the Uludag tungsten ore. — Bull. Miner. Research and Expl. Inst. of Turkey. **46/47**, 106—127, 1954/55.

CONSIDERATIONS GENERALES SUR LA DISTRIBUTION DE L'URANIUM DANS LES ROCHES GRANITOIDES

Par RENÉ COPPENS et GEORGES JURAIN, Nancy *)

Avec 9 figures

Zusammenfassung

An Hand von genauen Beispielen zeigen die Verfasser, daß es möglich ist, in einem bestimmten Granit Beziehungen zwischen dem Uran und den anderen Bestandteilen zu finden; diese Beziehungen können aber nicht verallgemeinert werden. Sie können eher von den petrographischen und mineralogischen Charakteren als von der chemischen Zusammensetzung abhängen.

*) Anschrift der Verfasser: Prof. Dr. RENÉ COPPENS, Directeur-Adjoint du Centre de Recherches Radiogéologiques, Université de Nancy, Département des Sciences de la Terre-Géologie, 94. Avenue de Lattre de Tassigny, Nancy, France. G. JURAIN, Centre de Recherches Radiogéologiques, Université de Nancy, Département des Sciences de la Terre-Géologie, 94. Avenue de Lattre de Tassigny, Nancy, France.

Aufsätze

Mit den Hauptmineralien entdeckt man gewisse augenscheinliche Beziehungen, die aber nur für ein bestimmtes Gestein Gültigkeit haben.

Das Wesen eines Granites hängt, in einem großen Maße von seiner Entstehung und, infolgedessen, von dem Urmaterial, aus dem es entstand, ab.

Die bisherigen Daten, die sich auf die Radioaktivität des Granits beziehen, können nicht verallgemeinert werden.

Abstract

Using definite examples the authors show that it is possible to find, in a given granite, relations between uranium and the other elements, but these relations cannot be generalized. They cannot depend on the petrographical and mineralogical properties rather than on the chemical composition.

One finds with the essential minerals some apparent relations but they are valid only for a given rock.

The nature of a granite depends, mainly, on its formation and consequently on the original material from which it derived.

The present data on radioactivity of granites cannot be generalized.

Résumé

A l'aide d'exemples précis les auteurs montrent qu'il est possible de découvrir, dans un granite donné, des relations entre l'uranium et les autres éléments mais ces relations ne peuvent être généralisées. Elles doivent dépendre plutôt des caractères pétrographiques et minéralogiques que de la composition chimique.

Avec les minéraux essentiels on retrouve certaines relations apparentes mais qui ne sont valables que pour une roche déterminée.

La nature d'un granite dépend, dans une large mesure, de sa formation et, par conséquent, du matériau originel qui lui a donné naissance.

Les données actuelles sur la radioactivité des granites ne peuvent être généralisées.

Краткое содержание

Авторами установлено, что минералогические и петрологические условия имеют большее влияние на распределение урана и других элементов в гранитах, чем состав магм.

La recherche d'une relation éventuelle entre les teneurs en uranium et les teneurs en éléments majeurs des roches granitoïdes a fait l'objet de nombreux travaux.

Par exemple, pour la silice, les auteurs ont cherché à représenter les variations des teneurs en uranium en fonction des teneurs en silice pour un éventail assez ouvert allant de 40 à 80% de silice. Dans ce cas la teneur en uranium croît avec la teneur en silice.

Ainsi, pour 248 échantillons prélevés dans le massif granitique de Mortagne (Vendée), nous avons trouvé (fig. 1):

	SiO ₂	U total	U fixé
Roches basiques (SiO ₂ < 52%)	44,83	0,65	0,38
R. intermédiaires (52% < SiO ₂ < 65%) .	55,42	2,78	2,02
Roches acides (SiO ₂ > 65%)	71,53	9,54	5,93

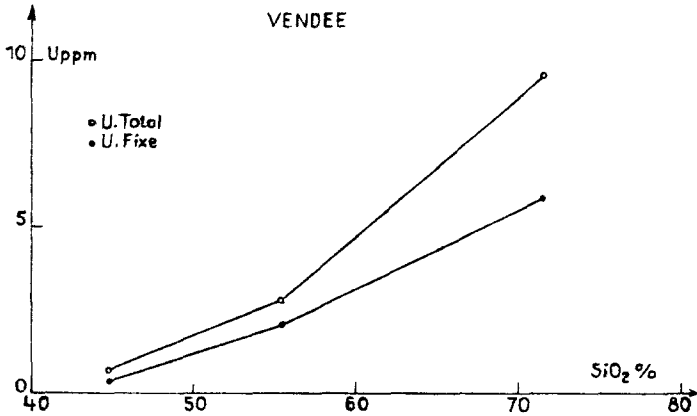


Fig. 1. Relation entre la teneur en silice et les teneurs en uranium total et en uranium fixé des roches basiques, intermédiaires et acides du Massif de Mortagne (Vendée).

Le problème se complique lorsqu'on ne considère que des roches appartenant à une même famille, c'est-à-dire dont les teneurs en silice varient seulement de quelques unités pour cent.

Considérons, par exemple, les résultats obtenus pour la silice et l'uranium dans des massifs différents pour des teneurs en silice variant de 68 à 75%. Nous avons, à chaque fois, classé les roches en fonction de leur teneur en silice et calculé, pour chaque tranche, les moyennes des teneurs en silice, en uranium total et en uranium fixé.

On aurait pu s'attendre à une augmentation progressive des teneurs en uranium en fonction des teneurs en silice. En fait les résultats sont contradictoires.

— Pour le massif granitique de Mortagne (Vendée) (fig. 2):

Silice	Uranium total	Uranium fixé
68,17	7,48	2,78
69,55	8,19	4,36
70,44	9,01	6,04
71,50	10,50	5,59
72,22	10,30	6,80
73,24	10,00	6,52
74,21	10,81	7,51
75,00	10,03	4,94

— Pour le massif granitique du Limousin (fig. 3).

Silice	Uranium total	Uranium fixé
68,63	7,58	6,33
69,38	10,62	7,71
70,58	11,27	7,82
71,48	10,23	7,10
72,14	9,70	6,39
73,38	9,02	6,06
74,35	7,85	4,95
75,43	7,74	4,25

Aufsätze

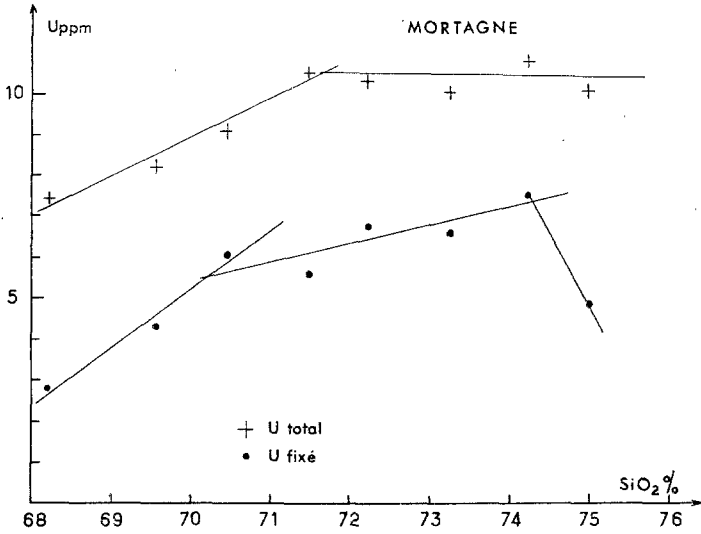


Fig. 2. Relation entre la teneur en silice et les teneurs en uranium total et en uranium fixé des roches acides du Massif de Mortagne.

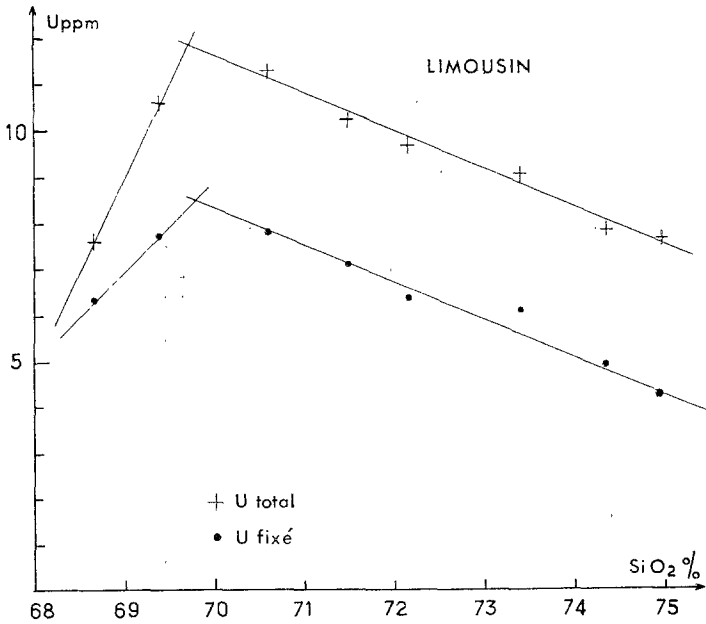


Fig. 3. Relation entre la teneur en silice et les teneurs en uranium total et en uranium fixé des granites du Massif Limousin.

Pour les granites porphyroïdes du massif du Pragniot (fig. 4):

Silice	Uranium total	Uranium fixé
68,47	5,39	3,03
69,35	6,03	2,95
70,40	5,84	3,60
71,47	5,63	3,17
72,50	4,40	2,61
73,65	4,00	2,60
75,45	2,39	1,68

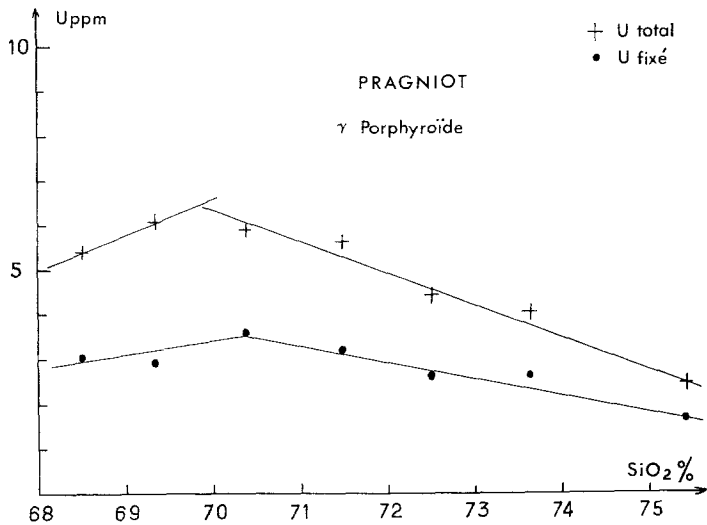


Fig. 4. Relation entre la teneur en silice et les teneurs en uranium des granites porphyroïdes du Massif du Pragniot.

On voit donc des résultats complètement différents sinon contradictoires.

S'il existe parfois, dans un granite donné, une relation simple entre Uranium et Silice, celle-ci ne peut être généralisée.

Des résultats analogues peuvent être obtenus avec d'autres éléments. Ainsi avec le fer et l'uranium, on peut obtenir:

Pour le granite à 2 micas du massif du Pragniot (fig. 5):

Fer	Uranium total	Uranium fixé
0,61	7,21	3,50
1,36	6,48	3,47
2,58	4,96	3,74
3,68	4,22	3,14

Aufsätze

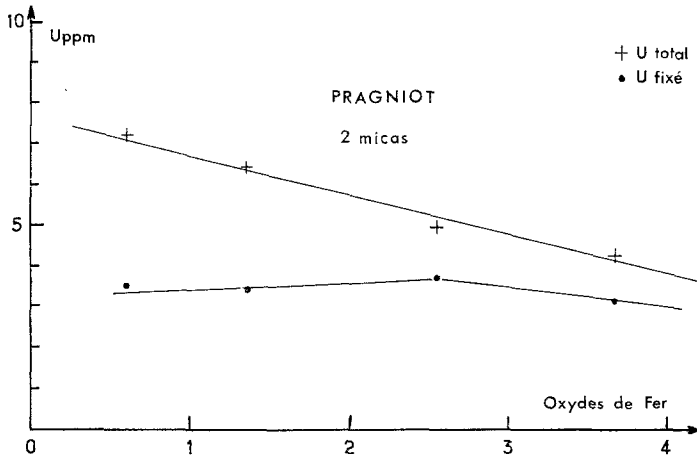


Fig. 5. Relation entre la teneur en oxydes de fer et les teneurs en uranium total et en uranium fixé du granite à 2 micas du Massif du Pragniot.

Pour les granites porphyroïdes du massif du Pragniot (fig. 6):

Fer	Uranium total	Uranium fixé
0,74	4,47	2,48
1,54	5,24	3,24
2,62	5,52	3,08
3,57	5,58	2,57
4,27	3,25	2,18

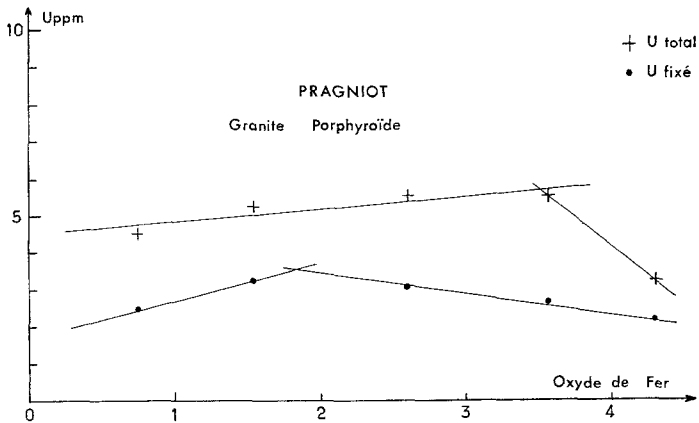


Fig. 6. Relation entre la teneur en oxydes de fer et les teneurs en uranium total et en uranium fixé des granites porphyroïdes du Massif du Pragniot.

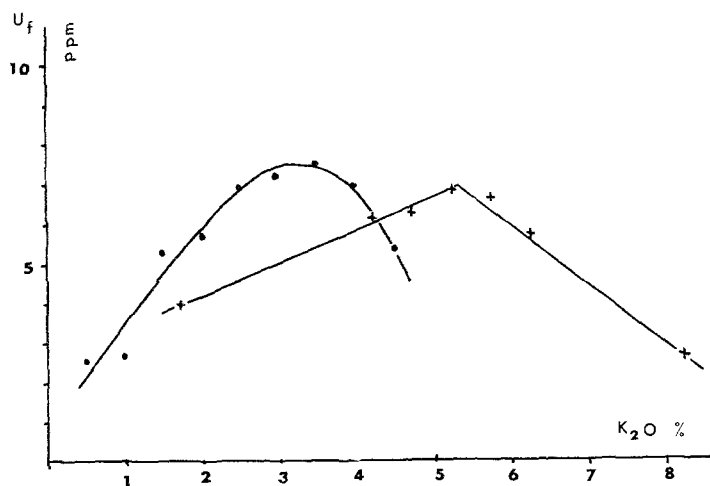


Fig. 7. Relation entre K₂O et l'uranium fixé dans 2 granites (granite de la Brame et granite à 2 micas) du Massif Limousin.

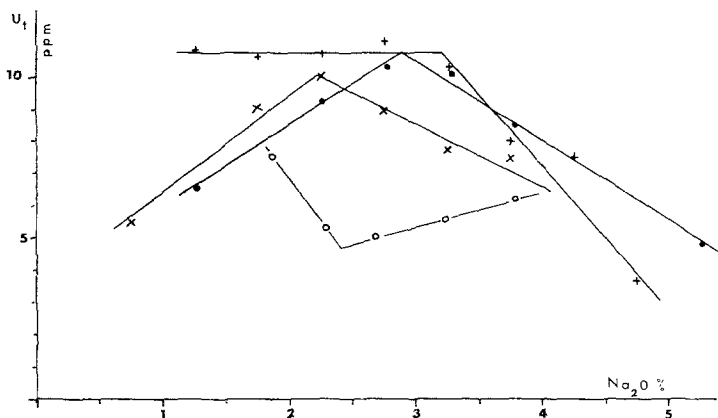


Fig. 8. Relation entre les teneurs en Na₂O et uranium total pour 4 roches granitoïdes d'un même massif (Limousin).

A titre d'exemples nous donnons encore les courbes obtenues avec K₂O, Na₂O et CaO (fig. 7, 8 et 9) et l'uranium total et l'uranium fixé. Pour diverses roches granitoïdes d'un même massif. Si les courbes ont souvent des analogies mais avec des décalages plus ou moins grands, elles sont parfois complètement inversées.

On voit donc qu'il est possible de découvrir, dans un granite donné une relation simple entre l'uranium et quelques autres éléments mais cette relation ne peut être généralisée, même à l'intérieur du massif.

Les relations ne sont donc qu'apparentes et doivent dépendre plutôt des caractères pétrographiques et minéralogiques que de la composition chimique.

Au point de vue minéralogique on pense naturellement tout d'abord aux minéraux cardinaux ou aux minéraux essentiels des roches. Peu d'études sont connues sur la radioactivité en fonction de ces minéraux et il y a là une direction de recherches intéressantes.

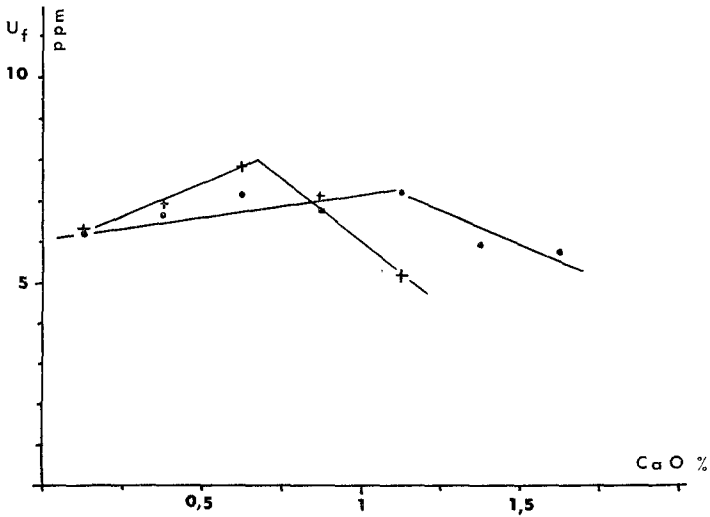


Fig. 9. Relation entre les teneurs en CaO et uranium fixé pour 2 granites d'un même massif (Limousin).

Il est cependant possible de considérer d'une part les granites à biotite et à amphibole et d'autre part les granites à muscovite sur lesquels nous possédons un certain nombre de données.

Les premiers sont souvent considérés a priori comme plus radioactifs et plus riches en uranium que le dernier. C'est du moins ce qui a été admis par LARSEN JR. et GOTTFRIED (1961):

Ils donnent les résultats suivants:

	Californie du sud	Sierra Nevada	Idaho
Granodiorite	2,1	2,6	2,4
Monzonite quartzifère ...	4,6	3,6	3,7
Granite à muscovite	2,5	2,9	1,6

De nombreux autres exemples permettraient de soutenir cette hypothèse.

		U _{ppm}	Radio- activité γ	
Vendée	{ γ_1 biotite dominante γ_1 à muscovite	10,5	35—40	C. R. R.
		6,3	20—25	C. R. R.
Nord de Nantes	{ γ_1 biotite dominante γ_1 muscovite dominante	12	46—55	HUSSEIN 1959
		7	38	HUSSEIN
Vosges	{ γ_1 biotite γ_1 biotite et amphibole γ_1 muscovite	6,2	50	JURAIN (1962)
		7,5	jusqu'à 80	JURAIN
		4	45	JURAIN
Limousin	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite		50	JA et J
			25	SARCIA
Creuse	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite		22—25	KERVELLA 1949
			< 20	
Massif de Chernovisky	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite		25	TAUSON 1956
			12	

Malheureusement les résultats de certains autres auteurs conduisent à des conclusions opposées.

		U _{ppm}	Radio- activité γ	
Massif de Chernovinsky	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite	22—25		TAUSON 1956
		30		
Kirovograd Zhitomir	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite	4,25 à 5,1	18—20	FILIPPOV et KOMBEV 1959
		8,4 à 10,5	20—88	
Pyrénées	{ porphyr. γ_1 à biotite γ_1 à 2 micas			CLIN et coll.
		1,02		Anal. U
		2,48		C. R. R.
Massif de Pontivy	{ γ_1 à biotite γ_1 à muscovite	5,05		KAPLAN
		6,96		

Certains auteurs admettent la muscovitisation des biotites, mais dans ce cas, puisque les granites à biotite et à muscovite sont pris dans le même massif, la teneur en uranium de ces derniers devrait être au plus égale à celle des premiers. Ce n'est pas le cas dans les exemples cités.

Nous retrouvons donc avec les minéraux certaines relations au moins apparentes mais qui ne sont valables que pour une roche bien déterminée. La teneur en uranium doit dépendre des minéraux microscopiques dont le nombre et la nature ne semblent liés aux éléments majeurs et aux minéraux essentiels que par des lois qui varient avec la position géographique de la roche.

La conclusion qui s'impose est que les relations trouvées entre l'uranium et les éléments ou les minéraux ne peuvent être généralisées. Chaque massif, et même dans chaque massif, chaque type de roche, doit être tout d'abord étudié séparément.

Des granites avec des compositions chimiques et minéralogiques analogues ou voisines peuvent avoir des teneurs en uranium différentes et obéissant à des lois différentes. Si l'on se contente d'étudier les éléments majeurs et les minéraux principaux il est possible de trouver des granites

semblables. Si l'on veut tenir compte des minéraux microscopiques uranifères, la chose sera beaucoup plus difficile et il est probable que le même problème se retrouverait avec les autres oligoéléments.

La nature d'un granite dépend, dans une large mesure, de sa formation et par conséquent du matériau originel qui lui a donné naissance ce dont on a rarement tenu compte jusqu'à ce jour. Certains auteurs ont tenté de l'expliquer en tenant compte de leur âge et de l'orogénèse dont ils dépendent ou encore de l'histoire de la mise en place et de l'évolution du massif, mais il semble que ceci ne soit pas des critères absolus.

Il est donc encore impossible actuellement d'étudier la radioactivité des granites. On doit se contenter d'examiner la radioactivité d'un granite particulier en précisant son emplacement, sa composition chimique et minéralogique par rapport à l'environnement métamorphique, sa texture, et dans la mesure du possible, son âge stratigraphique ou isotopique, et son histoire tectonique.

Ce n'est que lorsque le nombre des études sera suffisant que l'on pourra généraliser et — selon le mot de Vernadsky — « bâtir sur le terrain solide des généralisations empiriques ».

Bibliographie

- CLIN, M., DE LA ROCHE, H., LELONG, F. & POTY, B.: Nouvelles observations sur le massif granitique du Lys-Caillaouas (Pyrénées Centrales). — *Sciences de la Terre*, IX, n° 2, p. 149—174, 12 fig., Nancy 1963.
- FILIPPOV, M. S. & KOMLEV, L. V.: Uranium and thorium in the granitoids of the middle Dnepr region. — *Geochemistry Am. Arbor. Michigan* (angl. trans. *Geokhimiya*). 5, p. 535—549, Moscou 1959.
- HUSSEIN, H. A. M.: Etude radiogéologique de la région située au Nord de Nantes (L.-A.). — *Sciences de la Terre*, Nancy 1961, VII, N° 1—2, p. 5—114, 16 fig., 24 pl. ht., 1959.
- JURAIN, G.: Contribution à la connaissance géochimique des familles de l'Uranium-Radium et du Thorium dans les Vosges méridionales. — *Sciences de la Terre*, Mém. 1, 352 p., 88 fig., 21 pl., 1 carte-ht., Nancy 1962.
- KAPLAN, G.: Introduction à l'étude de la géochimie de l'Uranium dans les roches altérées du massif de Rostrenen. — Thèse 3ème Cycle. Université de Nancy, 1958.
- KERVELLA, F.: Etude géologique de la région d'Entraygues (Creuse). — Rapport inédit. Commissariat Energie Atomique, 1949.
- LARSEN, E. S. & GOTTFRIED, D.: Distribution of Uranium in Rocks and Minerals of Mesozoic Batholiths in Western United States. — *Geolog. Survey Bulletin*, D. C., n° 1070 C, p. 63—103, 10 fig., 38 tabl., Washington 1961.
- SARCIA, J. A. & J.: Etude du massif granitique de la Haute-Vienne. — Rapport inédit. Commissariat Energie Atomique, 1953.
- TAUSON, L. V., ZLOBIN, B. I. & LEONOVA, L. L.: Uranium distribution in the granitoid complex of the Sussamyrsk batholith, Central Tian-Shan. — *Geochemistry Am. Arbor Michigan* (angl. trans. *Geokhimiya* Moscou). 7, 1956, p. 653—662, 1956.