



HAL
open science

Sur les derniers produits de décomposition des éléments radioactifs

Bertram B. Boltwood

► **To cite this version:**

Bertram B. Boltwood. Sur les derniers produits de décomposition des éléments radioactifs. Radium (Paris), 1907, 4 (3), pp.97-103. 10.1051/radium:019070040309700 . jpa-00242231

HAL Id: jpa-00242231

<https://hal.science/jpa-00242231>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sur les derniers produits de décomposition des éléments radioactifs

Par BERTRAM B. BOLTWOOD,

Assistant de physique, Yale University, New Haven, Connecticut, U. S. A.

(Communiqué par l'auteur le 15 février 1907.)

La question générale, touchant la nature des produits finaux de désagrégation des éléments radioactifs, telle qu'elle se présente au sujet de certains éléments chimiques rencontrés dans les minéraux radioactifs, a été discutée dans une communication précédente¹, et la présence du plomb, du bismuth et du baryum avait été indiquée comme admissible parmi les produits de désagrégation possibles.

Cependant, comme des expériences plus récentes² ont montré que l'actinium est probablement un produit intermédiaire entre l'uranium et le radium, le nombre possible des produits finaux de désagrégation s'en est trouvé diminué. A ces données est venu s'ajouter une étude consciencieuse d'échantillons spécialement prélevés d'uraninites primaires typiques provenant de Brancheville (Connecticut) et de Flat Rock (N. C.) et de thorianite de Ceylan : de cette étude il résulte que ni le bismuth ni le baryum ne peuvent être considérés comme des produits de désagrégation faisant partie de la série dérivée soit de l'uranium, soit du thorium, du moins si l'on ne perd pas de vue la théorie actuelle de la désagrégation.

Si l'on désire que l'étude de la composition de minéraux naturels qui contiennent de l'uranium conduise à la détermination des derniers produits de la désagrégation de ce métal, les conditions essentielles suivantes semblent devoir être remplies :

Dans des minéraux primaires inaltérés de la même espèce ou d'espèces différentes mais d'une même provenance, c'est-à-dire dans des minéraux formés à la même époque et par conséquent d'un âge égal, il devrait y avoir un rapport constant entre la quantité de chaque produit de désagrégation et la quantité de la substance mère avec laquelle il est associé. — Et, dans des minéraux primaires inaltérés de provenances différentes, la proportion de chaque produit de désagrégation par rapport à la substance mère devrait être plus grande dans les minéraux les plus vieux et devrait correspondre aux âges géologiques respectifs des localités où les minéraux ont été trouvés. Il s'en-

suit également que, dans les minéraux secondaires, c'est-à-dire dans les minéraux qui ont été formés par une altération ultérieure des minéraux primaires originaux, les quantités relatives des produits de désagrégation devraient être moindres que dans les minéraux primaires de la même provenance, pourvu que, cependant, les produits de désagrégation ne puissent pas être considérés comme les constituants chimiques originaux du minéral secondaire.

L'objet de cette communication est de montrer que les conditions requises mentionnées ci-dessus se trouvent, dans la pratique, remplies dans le cas du plomb et dans le cas de l'hélium également, autant que l'état gazeux de ce second corps lui permettra de ne pas s'échapper des minéraux.

L'idée que le plomb était l'un des produits terminaux (inactifs) de l'uranium a été indiquée pour la première fois par l'auteur dans une communication présentée à la « *New-York section of the American Chemical Society* » le 10 février 1905, et sa publication a eu lieu ultérieurement au « *Philosophical magazine* »¹.

Les quantités d'uranium et de plomb que l'on rencontre dans un grand nombre de minéraux primaires d'uranium ont été calculées d'après les analyses publiées sur ces minéraux. On ne peut pas rencontrer dans la littérature un grand nombre de telles analyses, et, ce qui est encore plus fâcheux, ces analyses ne peuvent pas être considérées comme particulièrement exactes, à l'exception cependant de celles qu'ont faites Hillebrand et quelques autres. Beaucoup de ces analyses ont été faites en vue d'un objet bien déterminé, tel que, par exemple, l'identification d'un spécimen donné avec une espèce déjà connue ou sa détermination comme une variété ou comme une espèce nouvelle.

Il y a aussi, chez beaucoup de minéralogistes, la tendance, peut-être fâcheuse, à diriger une analyse dans le but unique d'assigner au minéral quelque formule chimique définie, et ceci entraîne souvent à des erreurs au sujet des moindres constituants. Et, à tout ceci s'ajoutent les difficultés d'analyse actuelles

1. *Phil. Mag.*, avril 1905. — *Le Radium*, t. II, p. 211, 1905.

1. *American Journal of science*, XX, 253, 1905.
2. *Amer. Journ. of science*, XXII, 557, 1906. — *Le Radium*, janvier 1907, page 52.

Tableau I.

GROUPE	N°	MINÉRAL	PROVENANCE	U %	Pb %	RAPPORT		ANALYSÉ PAR
						$\frac{\text{Pb } \text{‰}}{\text{U } \text{‰}}$		
I ₁	1	Uraninite	Glastonbury, Conn.,	70	2.9	0.041		Hillebrand, <i>Am. Jour. Sc.</i> XL, 584, 1890.
	2	Uraninite	Glastonbury, Conn.,	70	5.0	0.045		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	3	Uraninite	Glastonbury, Conn.,	70	2.8	0.040		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	4	Uraninite	Glastonbury, Conn.,	72	5.0	0.042		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	5	Uraninite	Glastonbury, Conn.,	72	2.9	0.040		Hillebrand, <i>l. c.</i>
I ₂	6	Uraninite	Branchville, Conn.,	74	4.0	0.054		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	7	Uraninite	Branchville, Conn.,	75	4.0	0.053		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	8	Uraninite	Branchville, Conn.,	74	4.0	0.054		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	9	Uraninite	Branchville, Conn.,	66	3.5	0.055		L'auteur.
II	10	Uraninite	Spruce Pine, N. C.,	77	5.9	0.051		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	11	Uraninite	Spruce Pine, N. C.,	77	4.2	0.055		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	12	Uraninite	Spruce Pine, N. C.,	67	5.5	0.049		L'auteur.
	13	Uraninite	Marietta, S. C.,	71	5.5	0.046		Hillebrand, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XLII, 590, 1891.
	14	Uraninite	Llano Co., Tex.,	55	9.4	0.17		Hillebrand, <i>l. c.</i>
III	15	Uraninite	Llano Co., Tex.,	56	9.5	0.17		Hidden and Mackintosh, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XXXVIII, 481, 1889.
	16	Mackintoshite	Llano Co., Tex.,	49	5.4	0.18		Hillebrand, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XLVI, 98, 1895.
	17	Ytrocersite	Eurnet Co., Tex.,	2.5	0.44	0.19		Hidden and Warren, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XXII, 515, 1906.
IV	18	Samarskite (?)	Douglas Co., Colo.,	3.5	0.67	0.19		Hillebrand, <i>Proc. Col. Sc. Soc.</i> , III, 58, 1888.
	19	Samarskite (?)	Douglas Co., Colo.,	5.7	0.74	0.20		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	20	Samarskite (?)	Douglas Co., Colo.,	5.1	0.99	0.19		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	21	Uraninite	Anneröd, Norway,	66	8.4	0.15		Hillebrand, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XL, 584, 1890.
V ₁	22	Uraninite	Anneröd, Nor.,	68	7.8	0.12		Blomstrand, <i>Jour. prakt. Chem.</i> , XXIX, 191, 1884.
	23	Annerödite	Anneröd, Nor.,	15	2.2	0.14		Blomstrand, <i>Dana's System. of Min.</i> , p. 741.
	24	Uraninite	Elvestad, Nor.,	66	9.5	0.14		Hillebrand, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XL, 584, 1890.
	25	Uraninite	Elvestad, Nor.,	57	8.0	0.14		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	26	Uraninite	Skaartorp, Nor.,	65	8.8	0.15		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	27	Uraninite	Huggenäsken, Nor.,	68	8.8	0.15		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	28	Uraninite	Huggenäsken, Nor.,	76	9.0	0.12		Lorenzen, <i>Nyt. Mag.</i> , XXVIII, 249, 1884.
	29	Thorite	Hitterö, Nor.,	8.2	1.2	0.14		Lindström, <i>G. För. Förh.</i> , v. 500, 1881.
V ₂	50	Uraninite	Arendal, Nor.,	56	9.8	0.17		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	51	Uraninite	Arendal, Nor.,	61	10.2	0.17		Hillebrand, <i>l. c.</i>
	52	Uraninite	Arendal, Nor.,	56	9.4	0.17		Lindström, <i>Zeit. f. Kryst.</i> , III, 201, 1878.
	53	Thorite	Arendal, Nor.,	9.0	1.5	0.17		Nordenskiöld, <i>G. För. Förh.</i> , III, 228, 1876.
	54	Orangite	Landbö, Nor.,	7.5	1.2	0.16		Hidden, <i>Am. Jour. Sc.</i> , XL, 440, 1891.
VI	55	Xénotime	Naresto, Nor.,	2.9	0.62	0.21		Blomstrand, <i>G. För. Förh.</i> , IX, 185, 1887.
	56	Hielmite	Falum, Sweden,	1.9	0.20	0.10		Weibull, <i>ibid.</i> , IX, 571, 1887.
	57	Polycrase	Slättakra, Sweden.	7.4	0.85	0.12		Blomstrand, <i>Dana's S. M.</i> , p. 745.
	58	Thorianite	Sabaragamuwa Province, Ceylan,	9.8	2.1	0.21		Dunstan and Blake, <i>Proc. Roy. Soc. Lond.</i> , LXXVI (A), 253, 1905.
VII ₁	59	Thorianite	Sab. Prov., Cey.,	10.8	2.7	0.25		Dunstan and Blake, <i>l. c.</i>
	40	Thorianite	Sab. Prov., Cey.,	12.8	2.4	0.19		Dunstan and Blake, <i>l. c.</i>
	41	Thorianite	Sab. Prov., Cey.,	11.2	2.7	0.24		L'auteur.
VII ₂	42	Thorianite	Cey.,	11.1	2.5	0.21		Büchner, <i>Nature</i> , LXXV, 169, 1906.
	43	Thorianite	Galle District, Cey.,	25	2.1	0.086		Dunstan and Jones, <i>Proc. Roy. Soc. Lond.</i> , LXXVII (A), 546, 1906.

qui peuvent être considérables dans le cas de minéraux tels que la samarskite, la fergusonite, l'euxénite et d'autres minéraux contenant des quantités notables de niobium, de tantale et de titane. Malgré ces objections, il est cependant nécessaire d'accorder un large crédit à ces analyses publiées, pour la simple raison que la plupart des minéraux d'uranium sont extrêmement rares et qu'il est très difficile, ou tout à fait impossible d'obtenir des échantillons convenables de diverses espèces et de diverses variétés.

Dans le tableau ci-contre (tableau I) figurent les résultats obtenus pour le calcul du rapport entre le pourcentage en plomb et le pourcentage en uranium relatifs à différents minéraux analysés.

Dans le tableau ci-dessus, les minéraux peuvent se diviser en 7 groupes généraux d'après les localités dont ils proviennent; ces groupes sont :

Groupe I : de Connecticut (Nos 1 à 9).

Groupe II : de la Caroline du Nord et du Sud (Nos 10 à 15).

Groupe III : du Texas (Nos 14 à 17).

Groupe IV : du Colorado (Nos 18 à 20).

Groupe V : de Norvège (Nos 21 à 55).

Groupe VI : de Suède (Nos 56 et 57).

Groupe VII : de Ceylan (Nos 58 à 45).

Ces groupes peuvent encore se subdiviser en :

Groupe I₁ : de Glastonbury.

Groupe I₂ : de Branchville.

Groupe V₁ : des localités voisines de Moss (21 à 29).

Groupe V₂ : d'Arendal.

Groupe VII₁ : de Sabaragamuwa Province.

Groupe VII₂ : du district de Galle.

Si maintenant nous considérons dans ces groupes le rapport entre le plomb et l'uranium, il est évident que dans le groupe I, la valeur moyenne est 0,041 et que l'écart maximum est inférieur à 5 pour 100.

Dans le groupe I₂ la moyenne est 0,0555 et concorde convenablement avec les 4 valeurs particulières.

Dans le groupe II la concordance entre les différentes valeurs n'est pas si bonne, mais elle est encore très frappante si l'on tient compte de ce que les 2 spécimens de la Caroline du Nord examinés par Hillebrand présentaient une altération secondaire évidente; les spécimens de la Caroline du Sud présentaient également une altération secondaire et ils ont été placés dans le même groupe que ceux de la Caroline du Nord, malgré la différence d'origine, uniquement parce qu'il n'existe pas d'autres spécimens auxquels on puisse les comparer. Le produit utilisé par l'auteur était, selon toute apparence, exempt d'altération.

Le groupe III nous fournit l'occasion de comparer différentes espèces d'une même localité, car l'ytthrocrasite décrite par Hidden et Warren¹ n'a juste-

ment été rencontrée que dans le fameux gisement de Barringer Hill qui fournit les autres échantillons du Texas. Ici, la concordance des rapports est encore très satisfaisante, surtout dans le cas de l'ytthrocrasite qui est l'un des minéraux dont l'analyse présente des problèmes extrêmement délicats. L'auteur a eu la chance de voir le professeur Warren à l'époque où cette analyse était en train, et ce dernier a consenti aimablement à prendre des précautions spéciales pour la détermination du plomb et de l'uranium.

Dans le groupe IV, les analyses de 5 échantillons d'un minéral qui ressemblait tout à fait à la samarskite donnent des valeurs du rapport dont la concordance est bonne quoique les différents spécimens fussent, d'après Hillebrand, tout à fait différents en apparence.

Dans le groupe V₁ la concordance est encore très bonne, tandis que dans le groupe V₂, numéros 54 et 55 inclus, la concordance est excellente, car la divergence observée dans le cas de la xénotime de Marestö, près d'Arendal, ne dépasse pas celle que l'on aurait pu prévoir étant données les quantités relativement faibles d'uranium et de plomb contenues dans le minéral.

Dans le groupe VI les rapports qu'indiquent les 2 espèces provenant de localités suédoises différentes n'ont pas grande valeur au sujet des comparaisons que l'on se propose actuellement et n'ont de signification que par leur rapport, du même ordre de grandeur que celui du groupe V₁.

Il faut déplorer, à cause du calcul entrepris ici, que les analyses de thorianite de Ceylan, faites par Dunstan et Blake et par Dunstan et Jones, aient été publiées sous une forme aussi incomplète. Ce minéral intéressant, qui contient du thorium et de l'hélium en proportions relativement grandes, est un produit exceptionnel pour l'étude des transformations radioactives, et il serait très utile, pour établir définitivement quelques points douteux de la question, d'avoir une connaissance exacte de sa composition générale.

Les analyses publiées sont cependant défectueuses dans les cas particuliers suivants : Dans les analyses nos I et II (nos 58 et 59 du tableau I) les résultats, tels qu'ils sont donnés, montrent que la totalité de l'uranium présent est sous la forme de l'oxyde UO², tandis que dans l'analyse n° III (n° 40 du tableau I), il est indiqué une quantité d'oxyde uranique (UO³) plus grande que l'oxyde uraneux (UO²). Une grande divergence dans la composition est non seulement très improbable, mais encore (à la lumière d'une analyse plus récente d'une thorianite analogue¹ dans laquelle l'uranium est donné sous la forme UO² + UO³ = 15,4 pour 100) elle nous induit en erreur au sujet de la composition vraie. Parmi les 7 analyses que publient Dunstan et Jones, on voit dans une seule (n° 45 du tableau I) les oxydes uraneux et uranique

1. *Le Radium*, t. IV, p. 125, mars 1907.

1. DUNSTAN et JONES *Proc. Roy. Soc.*, 253, 1905.

indiqués séparément, tandis que dans les six autres analyses ils donnent un nombre représentant la somme des pourcentages des deux oxydes, ce qui ne peut fournir d'indication sur les quantités de l'un ou l'autre oxyde ou sur la quantité d'uranium contenue dans le minéral.

Le tableau suivant, (tableau II) contenant les valeurs données dans la publication de Dunstan et Jones, ne semblerait pas en contradiction avec la supposition que le plomb et l'uranium sont en rapport constant l'un avec l'autre dans la thorianite provenant du district de Galle.

Tableau II.

ÉCHANTILLON N°	UO ₂ + UO ₃	PbO
I.	52,7	2,56
II.	10,3 18,9	2,29
III.	28,2	2,29
IV.	28,7	2,50
V.	27,0	2,99
VI.	28,0	2,90

Dans la note de Dunstan et Jones figure une analyse d'un échantillon de thorianite provenant du district de Balangoda : cette analyse détermine 15,4 pour 100 de UO₂ et 2,54 pour 100 de PbO, ce qui indique une concordance approchée entre le rapport du plomb à l'uranium dans ce minéral et le même rapport relatif à la substance qui provient de la province de Sabaragamuwa.

Les minéraux cités au tableau ci-dessus sont tous des minéraux primaires dans le sens général du mot.

Dans le tableau suivant (tableau III) le rapport du plomb à l'uranium a été calculé pour quelques minéraux secondaires des mêmes localités.

tenu à l'écart des considérations actuelles puisque le plomb est apparemment l'un de ses constituants chimiques naturels.

Les valeurs actuelles du rapport diffèrent énormément entre minéraux primaires de provenances différentes, la valeur maxima étant environ 6 fois plus forte que la plus petite.

Il n'est pas de la compétence de l'auteur de discuter les données qui fixent l'âge géologique des différents dépôts, mais il est reconnaissant au professeur Joseph Barrell de « Yale University » d'avoir établi que, dans les limites de ses connaissances, les valeurs relatives des rapports ne sont pas en contradiction avec l'ordre des âges attribués par les géologues aux formations dans lesquelles se rencontrent les différents minéraux.

D'après les données qui ont été fournies dans les tableaux ci-dessus, il ressort que les propriétés requises pour un produit de désagrégation de l'uranium sont remplies par le plomb dans les limites des erreurs probables d'expériences.

En s'appuyant sur ce fait que l'on peut considérer comme démontré, il semble que l'on ait le droit de dire que le plomb est le produit final de l'uranium.

Hélium.

Dans la littérature, on rencontre peu de déterminations expérimentales des quantités relatives d'hélium dans les minéraux de composition connue. Une recherche attentive n'a pu mettre en lumière que les travaux suivants : 12 déterminations d'Hillebrand¹ au sujet de l'azote présente dans 12 échantillons d'uraninite de composition connue ; la détermination qu'on a faite Ramsay et Travers² du pourcentage d'hélium dans un échantillon de fergusonite dont ils indiquent l'analyse mais non pas la provenance ; les déterminations

Tableau III.

N	MINÉRAL	LOCALITÉ	U %	Pb %	$\frac{Pb}{U}$	ANALYSÉ PAR
1	Uranophane	Mitchel Co. N. C.	55	0,56	0,01	Genth, <i>Am. Ch. J.</i> , I, 88, 1879.
2	Uranophane	Arendal (Norvège).	40	1,6	0,04	Nordenskiöld, <i>G. För. Förh.</i> , VII, 121, 1884.
5	Thorogummite	Llano Co. (Texas).	19	2,0	0,10	Hidden et Mackintosh, <i>Am. Journ. Scien.</i> XXXVIII, 480, 1889.

Ces analyses concordent toutes à condition d'accorder aux minéraux secondaires, un rapport plus faible qu'aux minéraux primaires des mêmes localités. Le produit d'altération le plus commun de l'uraninite est connu sous le nom de gummite et peut être

des déterminations de Strutt³ sur la teneur en hélium d'un certain nombre de minéraux qui avaient été analysés unique-

1. *Amer. Journ. Science*, XL, 584, 1890 ; XLII, 590, 1891.

2. *Proced. Roy. Soc. Lond.*, LII, 516, 1898.

3. *Proced. Roy. Soc. Lond.*, LXXVII (A), 88, 1905.

ment au point de vue de l'uranium : une détermination de Dunstan et Blake¹ au sujet de l'hélium contenu dans une thorianite analysée provenant de la province de Sabaragamuwa (Ceylan), et la détermination de l'hélium dans un autre échantillon du même minéral, par Büchner².

Attribuant une grande exactitude à tout le travail d'analyses effectué par Hillebrand et à la méthode générale qu'il a suivie dans ses déterminations de

Connaissant la teneur des minéraux en plomb, il est donc possible de calculer la quantité d'hélium qui serait formée d'après cette hypothèse et de comparer cette quantité calculée avec la quantité actuellement présente dans les minéraux.

Des calculs et des comparaisons de cette espèce ont été faits pour un certain nombre de minéraux et les résultats sont donnés dans le tableau suivant (tableau IV).

Tableau IV.

N°	MINÉRAL	PROVENANCE	Pb %	He % PRÉSENT	He % CALCULÉ	R
1	Uraninite	Glastonbury, Conn..	2.9	0.54	0.45	79
2	Uraninite	Branchville, Conn.,	4.0	0.59	0.60	65
3	Uraninite	Elvestad, Nor.,	9.5	0.18	1.40	15
4	Uraninite	North Carolina.	3.9	0.05	0.58	9
5	Uraninite	Skaartorp, Nor.,	8.8	0.15	1.52	41
6	Uraninite	Huggenäsken. Nor.,	8.8	0.15	1.52	41
7	Uraninite	Anneröd, Nor.,	8.4	0.17	1.26	15
8	Uraninite	Elvestad, Nor.,	8.0	0.15	1.21	12
9	Uraninite	Llano Co., Tex.,	9.4	0.08	1.40	6
10	Uraninite	Colorado,	0.6	0.02	0.10	20
11	Uraninite	Arendal, Nor.,	10.2	0.16	1.55	10
12	Thorianite.	Ceylan,	(2.6)	0.16	0.40	40
13	Aeschynite.	Hitteroe, Nor.,	(1.2)	0.02	0.18	11
14	Samarskite.	North Carolina.	(0.42)	0.05	0.06	50
15	Gadolinite (?)	Ytterby, Sweden,	(0.25)	0.04	0.04	100
16	Cyrtolite	Texas,	(0.55)	0.02	0.08	25
17	Euxénite	Arendal, Nor.,	(0.41)	0.015	0.06	20
18	Uraninite	Canada,	10.5	0.12	1.6	8
19	Thorianite.	Ceylan,	2.40	0.19*	0.56	55
20	Thorianite.	Ceylan,	2.25	0.15	0.54	44

* Dans l'analyse de Dunstan et Blake, il y a une erreur dans le calcul du pourcentage de l'hélium dans ce minéral : il est indiqué 0,59 0/0 d'hélium. Or, il est établi que le minéral contenait 10 cm. 5 d'hélium par gramme, ce qui équivaut à 0,19 0/0 d'hélium.

l'azote, il est tout à fait probable qu'en divisant par 7 les valeurs qu'il donne dans sa communication (Az² : He = 28 : 4) on obtiendra pour le pourcentage de l'hélium un nombre très digne de confiance.

Un grand nombre d'observateurs différents ont montré que la désagrégation du radium est accompagnée d'une production d'hélium et il a été établi ensuite par Debierne³ que la désagrégation de l'actinium fournit également de l'hélium.

Si, par analogie, on fait la supposition que la transformation totale d'uranium en plomb est accompagnée d'une production d'hélium, alors, les quantités de matière mise en jeu dans cette transformation peuvent se représenter par l'équation :

$$\text{Uranium (258,5)} = \text{plomb (206,9)} + \text{hélium (51,6)}$$

Autrement dit, pour 207 parties de plomb formées, il se formera 52 parties d'hélium.

1. *Loco citato*.
 2. *Nature*. LXXV, 165, 1906. — *Le Radium*, janv. 1907, p. 58.
 3. *C. R.*, CXLI, 585, 1905.

Les numéros allant de 1 à 11 et le numéro 18 proviennent d'analyses faites par Hillebrand, les numéros allant de 12 à 17 correspondent à des déterminations de Strutt (le pourcentage du plomb étant calculé d'après les rapports du tableau I), le numéro 19 correspond à une analyse de Dunstan et Blake et le numéro 20 à une analyse de Büchner. — Dans la dernière colonne, sous l'en-tête R se trouvent les rapports entre la quantité d'hélium présent et la quantité qui se serait formée d'après l'hypothèse admise, ces rapports étant multipliés par 100 ; autrement dit, ce sont les pourcentages de l'hélium total formé qui est resté dans le minéral.

Il faudra remarquer que les valeurs de R ainsi obtenues sont des nombres très admissibles et ne diffèrent pas de ce qu'il fallait s'attendre à trouver en vertu des considérations générales. Cette relation est surtout évidente quand la densité des minéraux est aussi tenue en considération. On connaît seulement les densités des dix premiers minéraux, et dans le tableau suivant figurent ces densités en regard des valeurs correspondantes de R.

Tableau V.

N°	DENSITÉ	R	N°	DENSITÉ	R
1	9,62	79	6	8,95	11
2	9,55	65	7	8,89	15
3	9,14	13	8	8,52	12
4	9,08	9	9	8,29	6
5	8,96	11	10	8,07	20 (1)

(1) Il faut dire que le n° 10 est en réalité une uraninite secondaire et n'est pas par conséquent directement comparable aux autres.

Aucun des minéraux mentionnés au tableau IV ne contient plus d'hélium que l'on n'en peut prévoir en supposant que l'hélium est produit par la désagrégation de l'uranium seulement; et, en général, plus la densité du minéral est grande, plus la quantité d'hélium qu'il retient est grande.

Age des minéraux.

Si la quantité du produit final que l'on rencontre avec une quantité donnée de la substance radioactive mère et si la loi de désagrégation de la substance mère sont connues, il devient possible de calculer le temps nécessaire à la production de ce produit final. Ainsi, connaissant la loi de désagrégation de l'uranium, il serait possible de calculer le temps nécessaire à la production des quantités trouvées dans différents minéraux d'uranium, autrement dit l'âge du minéral.

La loi de désagrégation de l'uranium n'a pas jusqu'à présent été déterminée par une expérience directe, mais la loi de désagrégation du radium et de ses produits radioactifs successifs a été calculée par Rutherford¹ d'après diverses données.

Les calculs de Rutherford indiquent 2600 années pour le temps nécessaire à ce que la moitié d'une quantité donnée de radium soit transformée en ses produits finaux.

La quantité de radium qui subit la transformation en une année serait par conséquent $2,7 \times 10^{-4}$, et, d'autre part, des expériences préliminaires faites par l'auteur au sujet de la loi de production du radium par l'actinium² ont fourni une valeur qui concorde bien avec ce nombre.

La quantité de radium associée à 1 gramme d'uranium dans un minéral radioactif a aussi été déterminée³ et a été trouvée égale à $5,8 \times 10^{-7}$ grammes. En s'appuyant sur la théorie de la désagrégation, quand le radium et l'uranium sont en équilibre

radioactif, il se détruit par seconde un nombre égal de molécules de chacun de ces corps, et, en ce qui nous intéresse actuellement, nous pouvons négliger la différence des poids atomiques et supposer simplement qu'à chaque instant les poids de radium et d'uranium qui subissent la transformation sont les mêmes. Dans un gramme d'uranium, le poids d'uranium qui serait transformé en 1 an serait donc $2,7 \times 10^{-4} \times 5,8 \times 10^{-7} = 10^{-10}$ grammes et la fraction d'uranium transformé par an serait 10^{-10} .

Dans le tableau suivant (tableau VI) les âges des minéraux mentionnés au tableau I ont été calculés grossièrement d'après la méthode décrite plus haut. Les âges des minéraux en années sont obtenus en multipliant la valeur moyenne du rapport par 10^{10} . Le plan général d'un tel procédé de calcul des âges des minéraux a été précédemment indiqué à l'auteur par le professeur Rutherford.

Tableau VI.

LOCALITÉ	AGE DU MINÉRAL EN millions d'années
Glastonbury (Portland), Conn.	410
Branchville, Conn.	555
Spruce Pine, N. C.	510
Marietta, S. C.	460
Llano et Burnet Co., Texas.	1800
Douglas Co., Colorado.	1900
Moss District, Norvège	1500
Annerod, Norvège	1700
Sabaragamuwa, Prov. Ceylan.	2200
Galle District, Ceylan.	860

Les valeurs actuelles obtenues pour ces âges dépendent, naturellement, de la valeur attribuée à la loi de désagrégation du radium. Quand cette loi sera déterminée avec exactitude, les âges ainsi calculés auront une plus grande signification et auront peut-être une grande importance dans la détermination de l'âge actuel de certaines formations géologiques.

Produits de désagrégation du thorium.

Les données qui fournissent des renseignements utiles sur la composition des minéraux radioactifs concourent également à jeter quelque lumière sur la nature des produits de désagrégation du thorium, ainsi qu'on l'a vu plus haut au sujet de l'uranium. Les proportions relatives d'uranium et de thorium peuvent présenter de grandes différences dans des minéraux de la même provenance sans que pour cela il en résulte un effet sensible sur le rapport plomb-uranium relatif à cette localité. Il peut donc s'en déduire avec certitude que le plomb n'est pas un produit de désagrégation du thorium. Ce fait est particulièrement appuyé par la composition de la thorite

1. *Phil. Mag.*, (6) XII, 567, 1906.

2. *Amer. Journ. Science*, XXII, 537, 1906. — *Le Radium*: janvier 1907, p. 52.

3. RUTHERFORD et BOLTWOOD. *Am. J. Science*, XXII, 1, 1906. — *Le Radium*: juillet 1906, page 197.

trouvée avec la thorianite dans la province de Sabaragamuwa, à Ceylan. Ce minéral¹ est probablement de formation récente et sa composition est en partie la suivante : Th O², 66,26 pour 100; Ce O², 7,18 pour 100; Zr O², 2,25 pour 100; UO², 0,46 pour 100. Le plomb n'est aucunement mentionné et, d'après la teneur en uranium, il faudrait s'attendre à rencontrer 0,08 pour 100 de plomb : cette quantité a sans doute été négligée au cours de l'analyse.

Un résultat semblable a été obtenu par l'auteur dans une étude d'un spécimen de thorite de Norvège qui contenait seulement 0,40 pour 100 d'uranium, 52,0 pour 100 de Th O² et moins de 0,1 pour 100 de plomb.

L'hélium n'est aucunement mentionné dans les premières de ces thorites dont nous avons parlé : et, dans les échantillons étudiés par l'auteur, il a été impossible de déceler des quantités mesurables d'hélium. — Quoique Ramsay² ait établi que la quantité relativement grande d'hélium contenu dans la thorianite de Sabaragamuwa est une preuve de la production de l'hélium par le thorium, il semble tout à fait probable que cette thorianite fournit la preuve du contraire : en effet, elle semble ne contenir que la moitié de la quantité d'hélium qui serait produite par la désagrégation de l'uranium seul.

. *Résumé.*

Il a été mis en évidence que dans les minéraux primaires inaltérés d'une même provenance, la quantité de plomb est proportionnelle à la quantité d'uranium contenue dans le minerai; et que dans les minéraux primaires inaltérés de provenance différente, la teneur en plomb relativement à la teneur en uranium est plus grande dans les minéraux dont l'origine est, d'après les données géologiques, d'une formation plus ancienne. Ceci est considéré comme une preuve que le plomb est le produit final de la désagrégation de l'uranium.

Il a également été montré que, d'après les faits expérimentaux sur lesquels on peut s'appuyer aujourd'hui, les quantités d'hélium trouvées dans les minéraux radioactifs sont environ de l'ordre de grandeur des quantités auxquelles il faut s'attendre si l'on suppose que l'hélium est produit seulement par la désagrégation de l'uranium et de ses produits; en tout cas, la quantité d'hélium que l'on rencontre est toujours inférieure à celle que l'on pourrait ainsi prévoir.

Il semble à présent tout à fait improbable que le plomb ou l'hélium puissent être des produits de la désagrégation du thorium.

Sloane physical laboratory. Décembre, 27, 1906.

Traduit de l'anglais par A. LABORDE.