

Académie royale
des
Sciences coloniales

CLASSE DES SCIENCES NATURELLES
ET MÉDICALES

Mémoires in-8°. Nouvelle série.
Tome V, fasc. 1.

Koninklijke Academie
voor
Koloniale Wetenschappen

KLASSE VOOR NATUUR- EN
GENEESKUNDIGE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen in-8°. Nieuwe reeks.
Boek V, fasc. 1.

Géochronologie africaine 1956

Résultats acquis au 1^{er} juillet 1956

PAR

Arthur HOLMES

PROFESSEUR ÉMÉRITE A L'UNIVERSITÉ D'ÉDIMBOURG
MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE
ET DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

ET

Lucien CAHEN

CONSERVATEUR AU MUSÉE ROYAL DU CONGO BELGE
CHARGÉ DE COURS À L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES



Avenue Marnix, 30
BRUXELLES

Marnixlaan, 30
BRUSSEL

1957

PRIX : F 280
PRIJS :

Géochronologie africaine 1956

Résultats acquis au 1^{er} juillet 1956

PAR

Arthur HOLMES

PROFESSEUR ÉMÉRITE A L'UNIVERSITÉ D'ÉDIMBOURG
MEMBRE HONORAIRE DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE
ET DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE, DE PALÉONTOLOGIE ET D'HYDROLOGIE

ET

Lucien CAHEN

CONSERVATEUR AU MUSÉE ROYAL DU CONGO BELGE
CHARGÉ DE COURS À L'UNIVERSITÉ LIBRE DE BRUXELLES
MEMBRE DE L'ACADÉMIE ROYALE DES SCIENCES COLONIALES

Mémoire présenté à la séance du 24 novembre 1956.

Géochronologie africaine 1956

SOMMAIRE

INTRODUCTION	6
RÉSULTATS	16
Mode de présentation des résultats.	16
I. Minéraux plus jeunes que 485 m.a.	18
II. Minéraux d'âge voisin de 485 m.a. ⁽¹⁾	28
IIIa. Minéraux d'âge voisin de 620 m.a.	35
IIIb. Minéraux d'âge compris entre 850 et 950 m.a.	45
IV. Minéraux d'âge voisin de 1050 m. a.	48
V. Minéraux d'âge compris entre 1225 et 1550 m.a.	56
VI. Minéraux d'âge compris entre 1650 et 1950 m.a.	58
VII. L'Uraninite du Witwatersrand	61
VIII. Minéraux d'âge voisin de 2.000-2300 m. a.	73
IX. Minéraux d'âge voisin de 2650 m.a.	83
X. Minéraux d'âge voisin de 2900 m.a.	87
XI. Minéraux ou roches d'âge apparent ou conventionnel supérieur à 2900 m.a.	90
Plombs communs de constitution isotopique anormale	92
QUELQUES REMARQUES	98
Cycles géologiques successifs	100
Apparition d'âges paléozoïques ou plus récents, en di- verses régions d'Afrique	105
Brève comparaison des résultats obtenus par différentes méthodes	105
ANNEXE — Ages modifiés par rapport à notre publication anté- rieure	114
Références et notes	117

(¹) m.a. = million d'années.

TABLEAUX DES DONNÉES ANALYTIQUES	127
1. Méthode du plomb, complète	128
2. Méthode Pb/ α	145
3. Méthode Argon-Potassium	149
4. Méthode du plomb commun	153
INDEX GÉOGRAPHIQUE	162

RÉSUMÉ

Les développements récents des diverses méthodes qui ont conduit à des données géochronologiques relatives à l'Afrique sont brièvement passés en revue.

Le nombre de résultats nouveaux acquis en près de deux ans est voisin de 200. Tous sont mentionnés dans le texte en même temps que les éléments géologiques permettant de les situer dans l'échelle stratigraphique des territoires considérés.

Des tableaux groupent les résultats analytiques concernant tous les résultats, aussi bien ceux qui avaient fait l'objet d'un travail antérieur, arrêté au 1-9-54, que les nouveaux, incorporés à la présente étude.

Ces résultats permettent de préciser et de confirmer l'âge de 7 cycles précambriens, pour la plupart déjà définis antérieurement. Ils permettent également d'étendre à de plus vastes régions certains d'entre eux.

Le degré de confiance qui peut être accordé aux différentes méthodes géochronologiques est brièvement examiné à la lumière des données résumées ici sur la géochronologie de l'Afrique.

Un résumé de ce travail a été lu par les auteurs, en leur qualité de Président et de Secrétaire du Comité de géochronologie de l'Association des Services géologiques africains, au cours d'une réunion de cette Association, lors de la XX^e Session du Congrès Géologique International tenue à Mexico en septembre 1956.

INTRODUCTION

En 1955, nous avons publié sous le titre : *Géochronologie Africaine, Résultats acquis au 1^{er} septembre 1954* [103] (1) une compilation des données géochronologiques relatives à l'Afrique qui nous étaient connues à la date indiquée. La présente note complète ce travail et le met à jour jusqu'au 1^{er} juillet 1956.

Nous devons des remerciements chaleureux aux nombreux directeurs de laboratoires, chimistes et physiciens, qui ont bien voulu nous faire connaître des résultats inédits et nous donner des conseils utiles concernant la présentation du travail et la nature des éléments qu'il était indiqué d'y inclure. Nous exprimons de même notre gratitude aux directeurs des services géologiques africains et aux géologues qui ont bien voulu nous communiquer des résultats pour leurs territoires respectifs, nous donner des indications concernant le milieu géologique des minéraux analysés et nous faire connaître leur point de vue sur les renseignements qu'il convenait de grouper dans cette publication.

Cette coopération amicale a grandement facilité notre tâche.

La principale modification par rapport à notre travail précédent (qui dans les pages suivantes sera cité comme suit : 1955, p...) consiste en l'adjonction de tableaux donnant les résultats analytiques pour toutes les données géochronologiques obtenues par les méthodes du plomb,

(1) La numérotation des références fait suite à celle de notre travail précédent qui comportait les références 1 à 102. Les références propres à la présente note sont numérotées de 103 à 229.

de l'argon, du plomb commun aussi bien pour les résultats mentionnés dans notre publication antérieure que pour ceux que nous présentons ici.

Nous passons ci-après brièvement en revue quelques contributions récentes à la théorie des différentes méthodes employées pour obtenir des âges absolus. Une brève vue d'ensemble de l'état actuel des méthodes géochronologiques basées sur la radioactivité a été publiée par L. H. AHRENS [104].

1. Méthode du Plomb.

Plusieurs travaux ont été consacrés à élucider les causes qui provoquent l'absence de concordance entre les âges apparents déduits des quatre rapports : $\frac{207}{206}$, $\frac{206}{238}$, $\frac{207}{235}$, $\frac{208}{232}$ ou des trois premiers seulement.

Lorsque cette concordance n'est pas obtenue on constate que dans la plupart des cas les âges apparents se succèdent dans l'ordre suivant :

$$t\left(\frac{207}{206}\right) > t\left(\frac{207}{235}\right) > t\left(\frac{206}{238}\right)$$

B. GILETTI et J. L. KULP [105] ont étudié les effets des pertes de radon qui peuvent expliquer semblable relation entre les âges. Ils ont attribué à cette perte une grande importance spécialement pour les minéraux jeunes (âge inférieur à 600 m.a.). Ultérieurement W. R. ECKELMANN et J. L. KULP [106] étudiant des pechblendes de la région du lac Athabasca (Canada) ont montré que c'est la perte de plomb, qui paraît pouvoir être produite par simple élévation de température en présence d'eau, qui semble le facteur le plus important pour expliquer le classement des âges apparents dans l'ordre ci-dessus. Ils concluent que, sauf pour les minéraux jeunes (d'âge

inférieur à 600 m.a.), le rapport 207/206 conduit à une meilleure approximation de l'âge que les autres, tout en pouvant ne représenter qu'un minimum.

Des considérations de J. E. T. HORNE et C. F. DAVIDSON [107] et de L. H. AHRENS [108] aboutissent au même résultat.

G. W. WETHERILL [108*b*] favorise l'interprétation par perte de plomb ou gain d'uranium et suggère une construction graphique permettant, dans certains cas, de supputer l'âge réel.

G. R. TILTON [108*c*] a traité, par lavage aux acides faibles, certains spécimens et a conclu qu'il y a des relations entre l'ordre dans lequel les âges apparents se succèdent et la constitution isotopique du plomb des spécimens globaux et des parties dissoutes dans l'acide.

Dans un travail tout récent, L. O. NICOLAYSEN [109] a montré qu'une lente perte différentielle des isotopes du plomb par diffusion à l'état solide, à partir de minéraux uranifères et thorifères, produit un ordre relatif des âges apparents analogue à celui qui est habituellement attribué à une perte chimique, ou globale, de plomb, l'âge déduit du rapport 208/232 étant toujours le plus bas. Cette façon d'expliquer les divergences entre les âges apparents est spécialement applicable aux cristaux isolés, de petites dimensions, de minéraux accessoires tels que le zircon et la monazite. L'auteur montre que plus la diffusion admise est considérable plus les âges déduits des rapports 206/238, 207/235 et 207/206 augmentent et finissent par converger en une valeur commune. Toutefois l'âge apparent généralement aberrant obtenu par le rapport 208/232, bien qu'amélioré par rapport aux autres, reste généralement assez divergent. Ceci peut s'expliquer partiellement par le fait que, dans des minéraux comme le zircon, le thorium a tendance à se concentrer vers les bords du cristal. Nicolaysen souligne que cette hypothèse de la diffusion à l'état

solide, des isotopes du plomb peut être contrôlée en effectuant des déterminations d'âge absolu sur une série d'échantillons de même âge géologique dont les cristaux sont de dimensions très différentes.

De ces différents travaux on peut tirer la conclusion que si on dispose d'une série de déterminations d'âge d'un même minéral d'un même gisement ou d'une aire dont toute la minéralisation est de même âge, qui témoignent, par l'ordre des âges apparents, de la probabilité de pertes de plomb, l'âge le plus proche de la réalité, dans la plupart des cas, sera le plus élevé des âges apparents déduits des rapports 207/206. Toutefois pour les minéraux jeunes (d'âge inférieur à environ 500-600 m.a) le rapport 207/206 n'a qu'un intérêt géochronologique limité, du fait de sa faible variation pendant ce laps de temps.

Une interprétation très différente a été suggérée d'abord par J. E. T. HORNE et C. F. DAVIDSON [107] à propos des uraninites du Witwatersrand, puis reprise et développée par L. R. STIEFF et T. W. STERN [109b].

Selon ces auteurs c'est l'incorporation, dans les minéraux uranifères, de plomb radiogénique ancien qui est responsable de la relation constatée entre les âges. Dans ce cas, l'âge réel est plus jeune que les trois âges apparents.

Si une telle explication doit être envisagée dans certains cas, et celui de la minéralisation uranifère du Witwatersrand en est un, dans d'autres elle peut être écartée, par suite, notamment, de la coïncidence entre l'âge apparent par 207/206 d'un minéral uranifère et les âges apparents obtenus, par les méthodes de l'argon ou du strontium, sur des minéraux des mêmes pegmatites.

Les pertes, généralement récentes, d'uranium conduisent à la relation suivante entre les âges :

$$t \left(\frac{206}{238} \right) > t \left(\frac{207}{235} \right) > t \left(\frac{207}{206} \right)$$

L. H. AHRENS [110] est d'avis que les techniques analytiques peuvent conduire dans certains cas, à une sous-estimation de l'uranium qui se traduirait de la même façon qu'une perte naturelle. Néanmoins celle-ci semble pouvoir se produire facilement dans la nature, ainsi qu'en témoignent les expériences [111] et des autoradiographies qui indiquent une diminution d'activité dans les parties altérées des minéraux.

Cette fois-ci encore c'est l'âge déduit du rapport 207/206 qui est le meilleur, toutefois il sera parfois un peu trop fort si la perte d'uranium est ancienne.

Enfin les premières mesures par la méthode du ThB, analogue à celle du RaD, ont été obtenues par F. G. HOUTERMANS et ses collaborateurs [112] et l'une d'entre elles figure dans ce recueil (n° IV, 12).

L'importance d'un examen en lumière réfléchie des pechblendes et uraninites à dater a été soulignée par C. F. DAVIDSON [107].

Plusieurs résultats ont été obtenus par la méthode imaginée par LARSEN *et al.* [113] et qui s'applique avant tout au zircon des roches granitiques et syénétiques. Dans cette méthode, le plomb est déterminé au spectromètre et l'uranium en mesurant la radioactivité α au compteur. Le principal inconvénient de cette méthode est qu'elle ne permet, pas plus qu'une simple analyse chimique, de déceler les pertes de plomb dans le minéral. Un graphique, permettant le calcul des âges apparents par cette méthode en tenant compte de la décroissance avec le temps des teneurs en uranium et en thorium, a été publié par M. ROQUES [113b].

2. Méthode du Strontium.

Peu de nouveaux résultats ont été obtenus par cette méthode. Quelques causes d'erreur de la méthode ont été signalées par G. D. L. SCHREINER *et al.* [114].

De récentes mesures physiques directes de la demi-vie

du Rb^{87} donnent comme valeurs extrêmes 63.700 m.a. ⁽¹⁾ et 43.000 m.a. La difficulté réside dans la mesure de l'émission totale de particules, dont une partie ont une énergie très faible.

Plusieurs chercheurs avaient récemment adopté une valeur de 61.300 m.a. pour la demi-vie, ce qui correspond à une constante de désintégration $\lambda = 1.13.10^{-11}a^{-1}$. Les âges apparents qui résultent de l'emploi de cette valeur sont considérablement plus élevés que les âges obtenus sur des minéraux des mêmes pegmatites par la méthode du plomb appliquée de manière complète. C'est pourquoi L. F. HERZOG *et al.* [115] ont, sur la base de semblables comparaisons, déduit une autre valeur ($\lambda = 1.39.10^{-11}a^{-1}$, qui correspond à une demi-vie de 5.10^{10} années) qui conduit à de meilleures correspondances. En suivant une méthode analogue, L. T. ALDRICH *et al.* [116] ont obtenu $5.0 \pm 0.2.10^{10}$ années pour la demi-vie du Rb^{87} , valeur pratiquement identique à celle proposée par L. F. HERZOG *et al.* Cette valeur a été obtenue en comparant les rapports du Sr^{87} radiogénique au Rb^{87} de micas et de microclines de six pegmatites pour lesquelles des âges concordants avaient été obtenus par la méthode complète du plomb.

Ces âges couvrent un laps de temps considérable, de 375 m.a. à 2660 m.a. Les âges apparents sont calculés en faisant usage de la formule (basée sur $\lambda = 1.39.10^{-11}a^{-1}$):

$$t = \frac{\log_{10} (1 + \text{Sr}^{87}/\text{Rb}^{87})}{0.0060367} \times 10^9 \text{ années.}$$

3. Méthode de l'Argon.

Plusieurs nouvelles déterminations ont été acquises, mais cette méthode est encore grevée d'incertitude en ce qui concerne la valeur de la constante de désintégration $\lambda\beta$ et surtout celle du rapport d'embranchement $R = \lambda\epsilon/\lambda\beta$.

⁽¹⁾ m.a. = million d'années.

La plupart des mesures physiques directes récentes conduisent à des valeurs du rapport d'embranchement compris entre 0.102 et 0.119. En se basant sur la comparaison du rapport A^{40}/K^{40} de feldspaths provenant de pegmatites datées par la méthode du plomb, H. A. SHILLIBEER et R. D. RUSSELL [117] ont déduit les valeurs suivantes : $\lambda\beta = 5.03.10^{-10}a^{-1}$ et $R = 0.089$; de manière indépendante mais en suivant la même méthode, G. J. WASSERBURG et R. J. HAYDEN [118] ayant pris $\lambda\beta = 5.07.10^{-10}a^{-1}$, ont trouvé $R = 0.085$.

Ces résultats doivent actuellement être revus puisque les recherches de G. W. WETHERILL *et al.* [119], confirmées par celles de chercheurs d'autres laboratoires, ont montré que le rapport A^{40}/K^{40} est généralement plus faible pour un feldspath que pour un mica de la même pegmatite ou du même granite. Cette différence signifie vraisemblablement que l'argon est mieux retenu par le mica que par le feldspath au cours de diverses vicissitudes géologiques, même de faible importance.

Dans ces conditions, nous avons adopté pour le calcul des âges, les valeurs obtenues par G. W. WETHERILL *et al.* [120] en se basant, pour l'obtention de $\lambda\epsilon$, uniquement sur la comparaison du rapport A^{40}/K^{40} de micas jeunes avec un âge concordant par la méthode du plomb et pour $\lambda\beta$ sur la moyenne calculée par P. M. ENDT et S. C. KLUYVER [120] à partir de valeurs obtenues par des mesures physiques.

Ces valeurs sont : $\lambda\epsilon = 0.557.10^{-10}a^{-1}$ et $\lambda\beta = 0.472.10^{-9}a^{-1}$ et conduisent à un bon accord avec les âges connus par la méthode du plomb complète, de 11 micas depuis 265 m.a. jusqu'à 2650 m.a. Les auteurs concluent que la valeur du rapport d'embranchement à adopter est $R = \frac{\lambda\epsilon}{\lambda\beta} = 0.118 \pm 0.015$ qui est en accord avec les résultats des comptages physiques.

L'adoption d'une autre valeur, $R = 0.089$, du rapport

d'embranchement conduisant fréquemment à de bonnes concordances pour les feldspaths, nous avons comparé les âges obtenus en utilisant ces deux valeurs du rapport d'embranchement, et formulons quelques remarques à la p. 108.

4. Méthode du plomb commun.

C. C. Patterson et ses associés, en utilisant des techniques d'un raffinement extrême, ont trouvé que dans du plomb extrait de la troilite de météorites ferreux les proportions des isotopes du plomb, 206, 207 et 208, à l'isotope 204 sont beaucoup plus faibles que dans tous les autres plombs connus. En adoptant ce plomb comme plomb primitif, PATTERSON [121] montre que les météorites et la croûte terrestre ont le même âge : 4550 ± 70 m.a.

En se servant de plombs terrestres datant du Paléozoïque ou plus récents, sans faire intervenir l'hypothèse que le plomb primitif terrestre a la même constitution isotopique que celui des météorites ferreux, R. D. RUSSELL et D. W. ALLAN [122] trouvent que le point de départ de l'évolution du plomb terrestre est 4300 ± 400 m.a. De son côté A. HOLMES [123] trouve pour ce même point de départ, qui est l'âge de la source des minerais plombifères, 4500 ± 100 m.a. Selon lui, cette source est la croûte continentale plutôt que la partie supérieure du manteau.

Ces travaux confirment la validité de la méthode telle qu'elle a été exposée dans notre travail de 1955.

On sait que les âges conventionnels sont en réalité les âges d'un modèle obéissant à certaines hypothèses de base. Un travail théorique important de G. L. BATE et J. L. KULP [123*b*] propose, au lieu du modèle habituellement admis qui implique la différenciation complète de la croûte à partir de la composition moyenne de la matière terrestre en un laps de temps très court à la

suite de la formation de la planète, un modèle dans lequel la différenciation de la croûte se serait produite pendant les temps géologiques de manière continue suivant une loi exponentielle décroissante.

Dans ce cas l'époque de la formation de la portion de croûte la plus ancienne serait 5280 m.a.

Pour la plupart des plombs terrestres actuellement datés, l'adoption de ce nouveau modèle ne modifierait pas considérablement les âges conventionnels, les âges plus récents que 2000 m.a. n'étant pratiquement pas changés, les âges plus anciens devenant graduellement plus vieux.

Au surplus l'introduction de ce nouveau modèle crée au moins une difficulté qui n'existait pas avec l'ancien [123].

Il importe toutefois de rappeler que, du point de vue de leur âge conventionnel, trois types de plombs sont connus :

1^o Ceux qui répondent aux hypothèses de base de la méthode et qu'on peut qualifier de plombs normaux ;

2^o Ceux qui ont subi à un moment de leur histoire une adjonction de plomb radiogénique ce qui conduit à des rapports isotopiques $206/204$, $207/204$, $208/204$ trop élevés et partant à des âges trop jeunes. De tels plombs anormaux peuvent être, dans nombre de cas, facilement reconnus ou soupçonnés : soit parce qu'ils conduisent à des âges conventionnels négatifs ou futurs, soit parce qu'il y a un désaccord marqué entre les rapports isotopiques $206/204$ et $207/204$ d'une part et $208/204$ de l'autre. Lorsque, dans une série d'analyses isotopiques de plombs d'une même mine ou d'un même district minier, on constate une grande dispersion des rapports isotopiques et des âges conventionnels, il est très vraisemblable qu'on aît à faire à des plombs anormaux [124] ;

3^o Ceux qui, tout en étant ou paraissant être de constitution isotopique normale, sont en désaccord

avec l'âge géologique des couches encaissantes : il n'y a pas lieu de s'étonner du cas fréquent, et non limité à celui des seuls plombs communs, des minéraux filoniens trop jeunes pour les roches encaissantes. Par contre le cas d'âges conventionnels trop élevés pour les couches qui les contiennent est plus spécifique de cette méthode. Ces plombs ont été l'objet d'une reprise et ont été reprécipités dans des terrains plus jeunes que ceux dans lesquels ils ont été introduits la première fois. La reprise peut s'effectuer sans aucun changement dans la constitution isotopique du plomb ou bien elle peut provoquer un mélange du plomb repris avec un plomb « jeune », mélange qui donnera un âge conventionnel plus jeune que celui du plomb repris mais plus ancien que celui du plomb jeune. Lorsque les terrains encaissants ne sont pas datés par d'autres moyens, il peut être très difficile de déceler de tels plombs repris, surtout lorsqu'on ne dispose que de peu d'analyses.

Le grand nombre d'analyses isotopiques de plombs communs africains nous a permis de dresser une statistique qui montre l'intérêt géochronologique de cette méthode approximative qui, en outre, apporte de précieux renseignements dans le domaine métallogénique, certains desquels elle est seule à pouvoir fournir (voir p. 22).

5. Méthode des dimensions de la maille des uraninites.

Celle-ci a fait l'objet de critiques [125] auxquelles il a été répondu [126]. Deux nouvelles mesures de la maille, dont l'une sera l'uraninite de Bemasoandro (Madagascar n° II, 1, 1955, p. 68/11) ⁽¹⁾ permettant de compléter le tableau montrant une relation entre la dimension de la maille et l'âge déterminé par les méthodes classiques de la géochronologie [127].

⁽¹⁾ La pagination de notre travail de 1955 est indiquée au moyen de deux nombres : le premier est la pagination de la version française, le second, après la barre, est celle de la version anglaise.

RÉSULTATS

Mode de présentation des résultats.

Comme dans notre travail précédent, les résultats sont en général énumérés par groupes, des âges les plus récents aux âges les plus anciens. Au sein de chaque groupe d'âge, nous avons, cette fois, classé autant que possible, les minéraux par province géographique ou géologique ou grand orogène.

Les compléments relatifs aux minéraux ou roches déjà mentionnés en 1955 figurent, sauf avis contraire, sous le même numéro qu'en 1955. Les minéraux nouveaux sont affectés d'un numéro qui fait suite à ceux employés précédemment.

Les compléments aux données anciennes, comme les résultats nouveaux, sont, dans chaque subdivision régionale, énumérés dans l'ordre suivant :

Les *âges* obtenus par la méthode du plomb, appliquée de façon complète ;

Les *âges apparents* obtenus par la seule analyse isotopique du plomb radiogénique, par la méthode du RaD (et ThB), par les méthodes du strontium et de l'argon, et par la seule analyse chimique des minéraux radioactifs. Ces derniers âges sont désignés par l'expression « âge non corrigé » ;

Les *âges conventionnels* obtenus par la méthode du plomb commun.

Les données analytiques concernant tous les minéraux et roches mentionnés dans notre travail précédent et

dans celui-ci à l'exception des résultats obtenus par la méthode Sr/Rb et par celle de l'hélium sont consignés dans les 4 tableaux figurant à la fin du travail.

Les constantes et les formules utilisées dans les calculs sont mentionnées dans les textes précédant chaque tableau. Le fait que les constantes employées pour le calcul des âges conventionnels (plomb commun) sont différentes de celles employées pour la méthode du plomb complète n'a que peu de répercussion sur le plan géologique. Dans de nombreux cas, les résultats mentionnés ici sont un peu différents de ceux qui ont été originellement publiés ou de ceux que nous avons publiés en 1955. Les raisons en sont, d'une part, que les résultats ont été recalculés à partir des données originales en employant éventuellement des constantes différentes de celles employées par les auteurs des calculs originaux, et cela dans un but d'uniformité, et d'autre part, que dans certains cas, les corrections pour la présence de plomb commun contaminant le plomb radiogénique de certains minéraux radioactifs ont été basées sur des constitutions isotopiques différentes (et à notre avis meilleures), de celles originellement employées.

Cette dernière cause peut avoir conduit à des modifications plus importantes que la première, qui pour les méthodes du plomb complet et du plomb commun ne provoque guère de changements importants.

L'adoption de valeurs nouvelles pour les constantes utilisées dans les méthodes du strontium et de l'argon a sérieusement modifié les âges apparents obtenus par ces méthodes.

Pour faciliter la tâche du lecteur, nous avons établi, en annexe, un tableau donnant la correspondance entre les âges tels qu'ils ont été publiés en 1955 et les valeurs qui figurent dans le texte ou les tableaux du présent travail lorsque la différence dépasse 25 m.a.

Enfin, comme dans notre article précédent, les âges

conventionnels sont lus sur des graphiques préparés par F. G. HOUTERMANS et J. GEISS (voir 1955, p. 67 /10) qui donnent des résultats généralement plus élevés que ceux obtenus sur les graphiques des chercheurs de Toronto.

Il existe, parmi les données géochronologiques africaines, de nombreux exemples permettant de montrer la bonne coïncidence des âges conventionnels obtenus par cette méthode, avec des âges fournis par des méthodes plus précises.

Pour être comparables entre eux, les âges conventionnels doivent être obtenus par la même méthode. Si dans un groupe de plombs de même âge géologique les âges conventionnels des uns étaient obtenus par la méthode employée ici, tandis que ceux des autres étaient obtenus par d'autres méthodes (celle des chercheurs de l'Université de Toronto par exemple [128]), il serait inexact d'en déduire que l'âge vrai est une espèce de moyenne entre les uns et les autres. Pour les rendre comparables entre eux il faut calculer tous les résultats par une seule des méthodes en présence. C'est ce que nous avons fait ici.

Tous les résultats sont exprimés en unités de 10^6 années (m.a.).

I. Minéraux plus jeunes que 485 m.a.

Dans notre travail de 1955, nous avons classé les quelques résultats plus jeunes que 485 m.a. par ordre chronologique. Comme pour tous les autres groupes d'âge, nous avons classé les données dans un ordre régional à l'intérieur duquel les minéraux sont ici classés en fonction de l'âge des terrains dans lesquels ils sont logés.

1° Afrique du Nord.

MINÉRAUX MIS EN PLACE
DANS DES TERRAINS MÉSOZOIQUES.

3b. *Cérusite de Djebel Gustar, Algérie* (plomb commun [129])
âge conventionnel : 115 m.a.

Cette cérusite faisait partie du même échantillon que la galène précédemment analysée (n° I, 3 1955, p. 68/11) qu'elle entourait complètement. Les résultats obtenus (galène : 90 m.a. et cérusite : 115 m.a.) concordent bien dans les limites de la méthode et l'âge conventionnel de 100 m.a. environ est en accord avec l'âge créacé inférieur des couches dans lesquelles est logée la minéralisation [130]. Si on tient compte des écarts indiqués (± 40 m.a. pour la galène et ± 60 m.a. pour la cérusite) ces minéraux peuvent être considérés comme appartenant au cycle alpin, au sens large, sans qu'on puisse exclure qu'ils caractérisent une phase créacée anté-alpine.

5. *Galènes mises en places dans le Mésozoïque du Maroc* (plomb commun).

- a) Mibladen, Bou Selloum [129]
âge conventionnel : 370 m.a.
- b) Mibladen, Bou Tazzoult [129]
âge conventionnel : 320 m.a.
- c) Mibladen, Carrière O [129]
âge conventionnel : 430 m.a.
- d) Touissit, près Bou Beker [131]
âge conventionnel : 330 m.a.

- e) Jorf Ouazzen, 16 km S.E. d'Oujda [131]
âge conventionnel : 280 m.a.
 - f) Jebel Melias, flanc N. 6 km S.O. de Figuig [131]
(Algérie, à la frontière du Maroc)
âge conventionnel : 320 m.a.
 - g) Aït Abbes, Jebel Tizzal, 80 km N.O. de Boumalne
[131] âge conventionnel : 310 m.a.
 - h) Imilchil, 20 km S.O. de Tirrhist [131]
âge conventionnel : 330 m.a.
 - i) Tizi n'Reçass, Moyen Atlas [131]
âge conventionnel : 290 m.a.
 - j) Sidi Hiah (Rif) [131] âge conventionnel : 220 m.a.
 - k) El Mistoui près Rhafsai [131]
âge conventionnel : 140 m.a.
 - l) Mibladen (Cérusite) [123b]
âge conventionnel : 520 m.a.
6. *Galènes mises en place dans le Mésozoïque de Tunisie*
(plomb commun)
- a) Sidi Amor [132] âge conventionnel : 50 m.a.

La galène de Sidi Amor (Tunisie, n° I, 6) est logée dans l'Aptien, son âge conventionnel de 50 m.a. indique l'Éocène ; la mise en place de ce plomb pourrait être plus récente [133], ce qui est d'ailleurs couvert par l'approximation de la mesure.

Au contraire, aucune des galènes marocaines du groupe 5 n'a un âge conventionnel en accord avec sa situation géologique. Il s'agit de gîtes de substitution, de cassure et d'imprégnation dans les calcaires et dolomies de divers étages du Mésozoïque [134] alors que presque tous les âges conventionnels sont paléozoïques. La signification

de ces âges conventionnels doit être discutée en tenant compte des galènes marocaines du groupe 7, mises en place dans le Paléozoïque.

MINÉRAUX MIS EN PLACE
DANS DES TERRAINS PALÉOZOIQUES
Y COMPRIS L'INFRACAMBRIEN.

7. Galènes mises en place dans le Paléozoïque du Maroc
(plomb commun)
- a) Aouli, filon Bou Adil [129]
âge conventionnel : 420 m.a.
 - b) Erdouz, 15 km S.O. d'Amiznis [131]
âge conventionnel : 440 m.a.
 - c) Kerkour, 20 km N.N.O. de Marrakech [131]
âge conventionnel : 400 m.a.
 - d) Tabouchent, 18 km N.O. de Marrakech [131]
âge conventionnel : 470 m.a.
 - e) Sidi Lahcen-Karrouba, 10 km S.O. de Tedders [131]
âge conventionnel : 280 m.a.
 - f) Mfis près Taouz [132] âge conventionnel : 410 m.a.
 - g) Gundafa, 1 km est de Tizi n'Oucheddene [131], sud
de Marrakech âge conventionnel : 520 m.a.
 - h) Tamjout [132] âge conventionnel : 370 m.a.

Une étude détaillée des plombs nord africains est en cours [132] ; nous nous bornons à signaler ici les faits suivants :

a) Bien que la majorité des plombs aient un âge conventionnel trop ancien par rapport à l'âge des terrains encaissants, il y a une relation entre les âges conventionnels des plombs marocains analysés et leur position

stratigraphique : les plombs mis en place dans le Paléozoïque sont, en général, plus anciens que ceux mis en place dans le Mésozoïque anté-Crétacé et ces derniers à leur tour sont plus anciens que ceux mis en place dans le Crétacé.

b) Il semble y avoir, en outre, des relations entre les âges conventionnels et la structure du pays, d'une part, et certains éléments accessoires de la minéralisation, d'autre part.

Les relations entre les âges conventionnels et la position stratigraphique conduisent à montrer que les plombs marocains analysés sont en grande partie le résultat d'une ou plusieurs reprises à partir de plombs anciens, paléozoïques, ou peut-être même antérieurs.

Ces reprises, liées ou non aux cycles hercynien et alpin, s'effectuent tantôt avec, tantôt sans adjonction de plomb « jeune ».

Il résulte de cette étude que nombre de plombs marocains sont impropres à des études géochronologiques mais que leur analyse isotopique conduit à d'intéressantes considérations métallogéniques.

MINÉRAUX MIS EN PLACE DANS DES TERRAINS PRÉCAMBRIENS.

8. *Zircon de la Guelta Mertoutek, N. Tamanrasset, Sud Algérie* (Pb / α , [135]) âge apparent : 365 m.a.

Le zircon de la Guelta de Mertoutek, au nord de Tamanrasset, Hoggar [135] provient du granite sugarien de la Tefedest. Comme l'indique l'auteur de la mesure, son âge apparent paraît trop faible et de nouvelles mesures doivent être faites [135].

2° Afrique occidentale.

MINÉRAUX MIS EN PLACE
DANS DES TERRAINS PRÉCAMBRIENS.

9. *Zircons du Younger granite, Nigeria* (Pb/ α , [135]),
- a) Zircon alluvial, Naraguta Koro, près Bukuru
âge apparent : 104 m.a.
- b) Zircon concentré de granite à fayalite, 1.6 km S.
village de Shen âge apparent : 104 m.a.
10. *Galène de l'Air, massif du Tarrouadji, Niger français, A.O.F.* (plomb commun) [136]
âge conventionnel : 170 m.a.

Les zircons du Nigeria et la galène du massif du Tarrouadji (Air, Niger français), proviennent tous du « Younger granite ». Les âges apparents ou conventionnels obtenus sont mésozoïques. La question de l'âge des Younger granites est discutée plus loin (p. 32, voir aussi p. 42).

La galène de l'Air, Tarrouadji, est probablement anormale (voir p. 96) mais est mentionnée ici par suite de la similitude entre l'âge conventionnel de son plomb et l'âge apparent des zircons et parce que des filons de galène avec de la blende sont connus dans le Crétacé inférieur du Nigeria [137].

Une monazite détritique provenant du Younger granite dont l'âge pourrait être voisin de 350 m.a. ou de 485 m.a., est mentionnée à la page 31.

3° Congo belge.

MINÉRAUX MIS EN PLACE
DANS DES TERRAINS PRÉCAMBRIENS.

11. *Galènes du Bas-Congo belge* (plomb commun)
(ex. III, 14 j)
- a) Toni, rivière Mavangu [129]
âge conventionnel : 350 m.a.
- b) Toni, rivière Mangulu [138]
âge conventionnel : 350 m.a.
- c) Ruisseau Niembo, Mayumbe [138]
âge conventionnel : 310 m.a.

Le plomb d'une première galène de la région de Toni, au N.O. de Thysville (n° III, 14 f, actuellement I, 11a) provenant de la rivière Mavangu, avait donné un âge conventionnel de 350 m.a. Cet âge conventionnel fut considéré en 1955, par comparaison avec les autres plombs de la région, comme indiquant une constitution isotopique anormale (1955, p. 75/19). A présent, une deuxième galène (n° I, 11b) de la rivière Mangulu située à 5,5 km au S.O. de la première accuse le même âge conventionnel. Les deux galènes sont mises en place dans un horizon élevé du système schisto-calcaire [139]. Jusqu'ici cette minéralisation avait paru être identique à et de même âge que la minéralisation principale, Cu, Pb, Zn du Niari et de Bamba Kilenda, datée de 500 à 700 m.a., d'où l'interprétation donnée en 1955 suivant laquelle la galène de Toni (rivière Mavungu) avait un plomb de constitution anormale. L'existence d'une deuxième galène identique rend cette explication moins probable et on doit envisager la possibilité que les minerais plombifères de Toni soient plus jeunes que ceux de Bamba

Kilenda, La Mia, Hapilo, Yanga Koubanza et MPassa, d'autant plus qu'une troisième galène du même groupe d'âge existe au nord du Mayumbe, dans le ruisseau Niembo affluent du Shiloango dans des couches appartenant au Système de la Sansikwa ou au Système du Haut Shiloango [140].

Les seules explications entrevues de cette situation sont encore trop hypothétiques pour être mentionnées ici. On doit retenir, outre la possibilité qu'il s'agisse d'une minéralisation autonome mise en place vers 350 m.a., celle d'une reprise d'un plomb de la minéralisation « katanguienne » bien connue dans la région, en mélange avec du plomb plus récent et redéposé lors de la mise en place de ce dernier.

4° Southern Rhodesia.

MINÉRAUX MIS EN PLACE DANS DES TERRAINS PRÉCAMBRIENS OU D'ÂGE INDÉTERMINÉ.

12. *Bétafite, Zambezi View Claims, N. Urungwe (Miami) Southern Rhodesia* (méthode du plomb, complète [141]).

a) 400 ; 425 ; 415 ; 400	âge adopté : 400 m.a.
b) 445 ; 430 ; 430 ; 435	âge adopté : 440 m.a.
c) 440 ; 415 ; 415 ; 460	âge adopté : 440 m.a.

13. (ex. III, 4) *Columbo-tantalite radioactive, N. Miami, Southern Rhodesia* (méthode du plomb, [142]).

615 ; 340 ; 360 ; —	âge adopté : ? 400 m.a.
---------------------	-------------------------

Les minéraux de la région au nord de Miami proviennent de pegmatites et de filons pegmatitiques mis en place dans le gneiss de Miami. Il s'agit pour la plus

grande part de gneiss à disthène et almandin avec des quartzites micacés à grain fin et un gros banc de calcaire [143]. Ces gneiss ont généralement été considérés comme un faciès métamorphique du système du Lomagundi [143 et 144, pp. 176-177].

Nous avons anciennement (1955, p. 73/25) adopté provisoirement pour la columbo-tantalite (III n° 4) un âge de 615 m.a. en accord avec une détermination provisoire par argon/potassium (660 m.a.). Néanmoins le plomb de la columbo-tantalite étant très contaminé par du plomb commun, ce minéral peut, suivant la constitution isotopique du plomb utilisé pour la correction, paraître avoir des âges très différents. Notre calcul était fait en utilisant le plomb le plus proche, celui de Broken Hill (III n° 16, analyse de Toronto), mais l'emploi d'autres plombs ayant des titres à être utilisés conduit à des rapports 207/206 tels que l'âge apparent qui en dérive peut varier de 300 à 800 m.a.

La bétafite de Zambezi View Claims (16°15' S et 29°15' E) a fait l'objet de trois analyses *a)* *b)* et *c)* se rapportant respectivement à un cristal frais de bétafite pris au milieu d'un agrégat de cristaux, à un mélange de plusieurs grands cristaux et à un produit d'altération jaune mélangé à une petite portion de bétafite et de silicates. L'âge du cristal frais est excellent.

En admettant que la columbo-tantalite radioactive et la bétafite qui proviennent du même champ pegmatitique aient le même âge et soient contaminées par le même plomb commun, on peut écrire :

$$\frac{207}{206} = \frac{55.6 - 18.2}{675.7 - 51.2} = 0.0542$$

dans cette équation le rapport 207/206 est celui des plombs radiogéniques. Le rapport obtenu correspond, pour les deux minéraux, à un âge légèrement inférieur à 400 m.a., ne modifiant donc guère l'âge de la bétafite

qui est bon quel que soit le plomb de correction adopté. L'âge de ces pegmatites est donc paléozoïque et plutôt Ordovicien que Cambrien.

Ce résultat est à rapprocher de ceux, déjà cités, du Bas-Congo belge et de ceux de Madagascar indiqués ci-après.

5° Madagascar.

14. Galènes de Madagascar (plomb commun 145)

- a) Galène d'Ankitokazo, distr. d'Ambilobe
âge conventionnel : 330 m.a.
- b) Galène de Migioky, distr. d'Ambanja
âge conventionnel : 390 m.a.

La galène d'Ankitokazo (district d'Ambilobe) provient d'un filon « qui renferme aussi de l'or à bas titre (*electrum*) et qui recoupe les couches permo-triasiques à poissons et ammonites du Trias inférieur (Gyronitien). Ce filon fait partie du système filonien aurifère de l'Andavakoera [145]. L'âge des couches étant plus récent que l'âge conventionnel du plomb, il est probable que celui-ci est repris d'une minéralisation antérieure. L'autre plomb du même groupe d'âge (n° 14 b.) provient de Migioky (district d'Ambanja). La galène se trouve dans un « filon quartzeux à barytine qui recoupe les schistes cristallines du système de Vohibory, dans la vallée du moyen Sambirano auprès de la source thermale de Migioky » [145].

Si nous essayons de regrouper ces minéraux par ordre chronologique de leur mise en place, nous pouvons attribuer :

Au cycle *alpin* (*sensu lato*), les galènes d'Algérie et de Tunisie (nos 3 et 6). La galène de Djebel Gustar pourrait néanmoins appartenir à une minéralisation crétacée,

antérieure. Les galènes du Mésozoïque marocain analysées jusqu'ici (nos 5a à k), par contre, peuvent être constituées de plombs paléozoïques « repris » postérieurement au Lias, et pour certaines postérieurement au Crétacé, avec une plus ou moins grande adjonction de plomb jeune analogue à celui des galènes algérienne et tunisienne analysées.

Au cycle *hercynien*, la samarskite de Befarafara (n° 4, 1955, p. 68/11). Certains plombs du Paléozoïque du Maroc paraissent également hercyniens.

Au cycle *calédonien* proprement dit, ne peut être rattachée aucune minéralisation certaine, sauf peut-être les galènes du Bas-Congo belge et de Madagascar (nos 11 et 14) dont l'âge conventionnel correspond à celui de la phase taconienne.

A un cycle *antérieur*, mais cependant voisin, appartiennent les minéraux radioactifs du gneiss de Miami (nos 12 et 13).

Il serait actuellement prématuré de tenter de classer les minéraux du Younger granite (nos 9 et 10) et le zircon du Hoggar (n° 8) dont les âges apparents ou conventionnels sont encore sujets à caution (voir p. 32).

II. Minéraux d'âge voisin de 485 m.a.

Ce cycle cambrien inférieur, particulièrement bien défini du point de vue géochronologique, est spécialement bien représenté en Afrique orientale et à Madagascar. Il paraît être décelé actuellement en d'autres régions d'Afrique et notamment en Afrique occidentale.

1° Afrique orientale.

10. *Bétafite, Lundazi, Northern Rhodesia* (méthode du plomb complète [146])
 485 ; 435 ; 435 ; 340 âge adopté : 485 m.a.
11. *Zircons de pegmatites de Madagascar* (Pb/a, 135)
 a) Zircon dans phlogopite, Benato
 âge apparent : 390 m.a.
 b) Zircon éluvial, route d'Esira
 âge apparent : 435 m.a.
 c) Zircon d'Ambindadrakemba, région Tranomaro
 âge apparent : 445 m.a.
 d) Zircon éluvial, Betroka (Itrongay)
 âge apparent : 455 m.a.
12. *Samarskite, Alto Ligonha, Moçambique* (analyse chimique 147) âge non corrigé : 490 m.a.

La bêtafite nord-rhodésienne est rangée parmi les minéraux de l'Afrique orientale par suite de sa localisation au voisinage immédiat de la frontière du Nyassaland. Ce minéral provient d'une pegmatite des environs de Lundazi, à 120 miles N. E. de Fort Jameson. Cette pegmatite est localisée dans l'*Upper Basement* de T. D. GUERNSEY [148] (voir 1955, p. 83/28). Ces formations paraissent être continuées par la *Mafingi series* [149] et le tout entre dans le *Muva System* de K. A. PHILLIPS. Cet auteur considère en outre que le Plateau series peut représenter l'étage final, transgressif du Muva [150].

Les âges apparents des zircons de Madagascar (n° 11a à d) ne sont pas, en général, très éloignés des âges des minéraux mieux datés du même cycle (1955, p. 68/12, nos II, 1-2-3). Ils paraissent cependant avoir tous perdu

du plomb. Le zircon éluvial de Betroka (Itrongay), provient vraisemblablement de pyroxénites ou de pegmatites recoupant celles-ci. Son âge apparent est à comparer avec celui de la thorianite de la même localité contenue dans les pyroxénites (n° II, 3), âge légèrement inférieur à 500 m.a. Le zircon d'Ambindandrakemba, région de Tranomaro, provient également d'une pyroxénite à thorianite et son âge est à comparer avec celui de la thorianite précédente et à celui de la thorianite de Soafia (480 m.a.) également associée à des pyroxénites. Le zircon de Benato se trouve dans de la phlogopite en poche dans des pyroxénites et accuse une différence marquée (perte de plomb ? ou peut-être diffusion, voir 109) avec les âges des thorianites sus-mentionnées. Enfin le zircon de la route d'Esira provient d'une pegmatite granitique de la même région à pyroxénites [135, 151]. Rappelons que ces pegmatites d'âge cambrien inférieur sont mises en place dans des terrains précambriens beaucoup plus anciens.

La samarskite d'Alto Ligonha provient d'un champ pegmatitique qui pourrait, sur des bases géologiques, être de même âge que celui de Ribawe. Du fait de l'âge de la samarskite de cette dernière localité (1955, p. 41/15, n° III, 3) il est possible que l'âge réel de la samarskite d'Alto Ligonha la fasse classer dans le groupe d'âge III A comme paraît l'indiquer le n° III A, 9. Cependant l'âge Sr/Rb d'une lépidolite d'Alto Ligonha, donné en 1955 (p. 72/15, n° III 9) comme 570 m.a. devient actuellement, par emploi de la nouvelle constante, 435 m.a. [45, 185].

Les âges apparents des feldspaths potassiques du Kenya (n° II, *a*, *b* et *c*, 1955, p. 69/12) ont été recalculés avec les constantes mentionnées page 12. On obtient ainsi, pour la pegmatite au nord de la colline de Kinyiki 410 au lieu de 485 m.a., pour celle au sud de Tsavo 470 au lieu de 560 m.a. et pour celle d'Ussusu 465 au lieu de 550 m.a.

Ces résultats semblent appuyer l'appartenance de ces pegmatites au cycle Cambrien inférieur qui était déjà probable sur des bases géologiques (1955, p. 69/12). Les âges apparents sont tous inférieurs à 485 m.a. ce qui paraît normal puisque le rapport A^{40}/K^{40} dans les feldspaths est habituellement trop bas.

2° Afrique occidentale.

13. *Monazite détritique, Nigeria* ⁽¹⁾ (méthode du plomb, complète [152])
485 ; 350 ; 365 ; 245 âge adopté : 485 m.a.
14. *Pyrochlore, Kaffo Valley, Liruei, Nkano, Nigeria* (méthode du plomb, complète [153])
? ; 205 ; 59 ; 160 âge adopté : ?
15. *Galène, Kaffo Valley, Liruei, Nkano, Nigeria* (plomb commun, [153]) âge conventionnel : 540 m.a.

Les minéraux du Nigeria (nos 13, 14 et 15) proviennent du « Younger granite ». Celui qui paraît le plus intéressant (n° 13) n'est malheureusement pas localisé géographiquement [152] ⁽¹⁾. L'âge à adopter pour cette monazite est incertain. La comparaison des quatre âges apparents permet de penser qu'il y a eu perte de plomb et, dans ce cas, 485 m.a. serait le meilleur âge. Toutefois, les âges

⁽¹⁾ Dans un article paru au moment où ce travail était remis à l'impression (H. M. E. SCHURMANN *et al.*, *Geologie en Mijnbouw*, Nr 10, Nw Serie, 18^e Jg, 312-330, 1956) la localisation de cette monazite est indiquée comme étant « probablement Rayfield, 6 miles au sud de Jos ».

Cet article mentionne en outre que l'âge de cette monazite par la méthode du Ra D est de 440 + 15 m.a. Ce résultat n'est pas très éloigné de l'âge apparent obtenu par le rapport 207/206 et est inclus dans les limites d'erreur de celui-ci. Une discussion de l'ensemble des âges apparents indique que cet âge apparent de 440 m.a. pourrait être meilleur que les autres. Il confirme incontestablement l'âge paléozoïque ancien du minéral.

apparents déduits du rapport 207/206 étant peu précis pour les minéraux jeunes, peut-être un âge voisin de 350 m.a. serait-il meilleur puisque les âges déduits des rapports 206/238 et 207/235 coïncident à peu près. Le granite serait en tous cas paléozoïque (1).

Le pyrochlore de Kaffo Valley (n° 14) est bien localisé mais malheureusement ne permet aucune datation précise, le meilleur âge est, ainsi que le signale J. E. T. Horne, déduit du rapport 206/238 (205 ± 40 m.a.), mais il ne peut être considéré comme sûr, puisque des pertes de plomb ou d'uranium ont pu se produire et ne pas être décelables par suite de l'incertitude causée par la trop grande quantité de plomb commun dans le minéral radioactif.

La galène de Kaffo Valley (n° 15) a un âge conventionnel de 540 m.a. qui est en accord raisonnable avec l'âge de la monazite (n° 13) si on adopte pour celle-ci 485 m.a. Galène et pyrochlore ont été séparés des concentrés provenant d'un granite à albite et riebeckite de Kaffo Valley, Liruei près de Nkano (II, 12). La galène pourrait cependant appartenir ou avoir été reprise d'une minéralisation du groupe d'âge IIIA qui paraît à présent connu en Afrique occidentale (voir p. 000).

Deux zircons des Younger granites ont été classés dans le groupe I à cause de leur âge apparent de 104 m.a. (voir n° I, 9, p. 23). Ces deux âges apparents se soutiennent mutuellement et ne sont pas très éloignés de l'âge conventionnel de 170 m.a. de la galène probablement anormale du Tarrouadji (Niger français) (n° I, 10, p. 23) et de l'âge apparent d'environ 205 m.a. qui est le moins mauvais de ceux du pyrochlore (n° 13). Néanmoins aucun de ces quatre résultats ne peut actuellement être considéré comme absolument digne de foi et on ne peut, sans confirmation, conclure à l'existence de granites mésozoïques.

(1) Voir note p. 31.

Des travaux récents montrent la complexité de l'ensemble intrusif compris sous l'étiquette *Younger granite* [154]. Il n'y aurait donc rien de surprenant à trouver pour ces intrusions deux ou plusieurs âges assez différents.

La seule conclusion qu'il paraisse légitime de tirer actuellement est que le *Younger granite* n'est pas antérieur au cycle katanguien et que des granites appartenant à plusieurs cycles pourraient avoir été confondus en cette seule appellation. L'un de ces cycles est d'âge paléozoïque ancien, ordovicien ou plus probablement cambrien.

En 1955 (pp. 72/15 et 74/18) nous avons cité l'âge apparent d'un mica de Dogon Daji (Nigeria) provenant d'une pegmatite considérée comme prenant place parmi les manifestations les plus jeunes du complexe de l'« *Older granite* » (1). Ce résultat, obtenu par Sr/Rb, était donné comme 625 m.a. En adoptant, pour la constante de désintégration, la valeur préconisée par ALDRICH *et al.* (voir p. 11), on trouve un âge apparent sensiblement inférieur (475 m.a.).

Dans ces conditions il paraît impossible de séparer actuellement par la géochronologie le *Younger granite* de ces pegmatites du complexe de l'*Older granite*. Peut-être l'attribution de ces dernières pegmatites à l'*Older granite* est-elle à revoir (voir aussi p. 42).

3° Union of South Africa.

5. Minéraux du granite du Cap, Lower Cable Station Quarry, Cape Town, South Africa.

- b) Biotite (Rb/Sr) [157] âge apparent : 630 m.a.
avec chlorite âge apparent : 610 m.a.

(1) 1955, p. 74, n° III, 10. — La ligne 9 de la page 74 de la version française de notre travail porte par erreur *Younger granites*. C'est *Older granites* qu'il faut lire (voir lignes 6 et 7 de la page 18 de la version anglaise).

- c) Feldspath (A/K) [156] âge apparent : 180 m.a.
 d) Mica (A/K) [156] âge apparent : 530 m.a.
 e) Galène (Pb commun) [157]
 âge conventionnel : 310 ± 450 m.a

Le zircon du granite du Cap avait déjà été mentionné antérieurement (1955, p. 69/12, n° II, 5). Des mesures faites sur d'autres minéraux du même granite et publiées de manière préliminaire sont mentionnées ici. L'âge du zircon, environ 510 m.a. (voir 1955, p. 69/12) qui est probablement un peu trop bas si on admet qu'il a subi une perte de plomb, peut être rendu plus élevé par application de l'hypothèse de L. O. Nicolaysen, relative à la diffusion à l'état solide des isotopes du plomb. Dans ce cas les âges obtenus par les rapports 207/206 ; 206/238 et 207/235 concordent à 590 m.a., tandis que l'âge déduit du rapport 208/232 est environ 365 m.a. [109].

L'âge apparent Sr/Rb de la biotite peut illustrer l'effet de l'adoption de deux valeurs différentes pour la constante de désintégration du rubidium : l'âge provisoire publié de 820 m.a. [155] a été obtenu au moyen de l'ancienne valeur admise pour la constante de désintégration de Rb⁸⁷, il est ramené à 630 m.a. en tenant compte de la nouvelle valeur adoptée (voir p. 11).

Seuls les rapports A⁴⁰/K⁴⁰ du feldspath et du mica ont été publiés [156] ; les âges indiqués ici ont été calculés au moyen des constantes indiquées p. 12 (voir aussi p. 107). Ils illustrent la constatation quasi générale que les feldspaths ont un rapport A⁴⁰/K⁴⁰ plus faible que celui des micas de la même roche. L'âge apparent obtenu par analyse du mica (530 m.a.), est en bonne concordance avec celui du zircon (510 m.a.) compte tenu de ce que celui-ci est un peu trop faible.

Rappelons que les relations d'âge entre granite du Cap et Malmesbury Series donnent lieu à discussion (1955, p. 69/12).

Enfin des feldspaths du Congo belge, mentionnés en 1955 sous le n° III.19 (p. 75/17), accusent, du fait de la modification des constants de la méthode de l'argon, des âges apparents qui les rapprochent du groupe d'âge II (voir p. 12 et p. 45). Le fait est particulièrement marquant pour le feldspath d'une pegmatite de Boma.

IIIA. Minéraux d'âge voisin de 620 m.a.

Le groupe d'âge III de notre précédent travail doit maintenant être appelé IIIA. Nous devons, en effet, intercaler un groupe de minéraux d'âge voisin de 900 m.a., groupe que nous dénommerons IIIB (voir p. 45). Les nouvelles données relatives à l'ancien groupe III, actuellement IIIA, sont assez nombreuses.

1° Katanga (Congo belge)-Copperbelt (Northern Rhodesia).

1. *Uraninite et produits d'altération de Shinkolobwe (Katanga) Congo belge* (méthode du plomb, complète [158])

Quelques analyses nouvelles sont consignées au tableau n° 1 ; plusieurs d'entre-elles sont complétées par des déterminations au Ra D (206/210) : n° 1g : 615 m.a. ; n° 1h : 617 m.a. ; n° 1i : 684 m.a. ; n° 1m : 625 m.a.

âge adopté : 620 ± 20 m.a.

5. *Pechblende de Kalongwe (Katanga), Congo belge* (méthode du plomb, complète [159])

a) 605 ; 670 ; 650 ; —

b) 600 ; 660 ; 640 ; — âge adopté : 605 m.a.

7. *Uraninite de Nkana ; Northern Rhodesia* (méthode du plomb, complète [160])

b) 612 ; 527 ; 540 ; — âge adopté : 612 m.a.

20. *Pechblende de Luishya (Katanga), Congo belge*
(méthode du plomb, complète [159])
605 ; 610 ; 615 ; — âge adopté : 610 m.a.
14. *b'. Cérusite de Kengere, Katanga, Congo belge* (plomb
commun [168]) âge conventionnel : 510 m.a.

Actuellement quatre venues uranifères, Shinkolobwe (n° 1), Kalongwe (n° 5), Luishya (n° 20) et Nkana (n° 7) sont datées par des déterminations complètes, et les résultats sont bien concordants. Les trois premières venues sont épigénétiques et situées dans la série des Mines du Katanga. La mine de Shinkolobwe vient de faire l'objet d'une description nouvelle qui fait ressortir le caractère hydrothermal de la minéralisation uranifère introduite postérieurement à certains épisodes de la tectonique kundelunguienne mais antérieurement à d'autres [161]. Le gîte de Kalongwe, comme la mine de Luishya, montre des minéralisations stratiformes normales de Cu et Co. A Kalongwe il y a, en outre, de l'or et l'uranium se trouve sous forme de filonnets et lentilles de pechblende avec auréoles de produits d'altération ; à Luishya la minéralisation uranifère est très locale et se présente sous forme de filonnets de sulfure de cuivre avec pechblende et produits d'altération [162].

Les minéraux primaires d'uranium du Katanga sont traditionnellement appelés « pechblende ». Des travaux récents [127, 161, 203] montrent, qu'au moins en ce qui concerne le minéral de Shinkolobwe, il s'agit d'uraninite. Nous conservons provisoirement le nom traditionnel pour les minéraux de Luishya et Kalongwe qui ne semblent pas avoir fait l'objet d'études récentes à ce sujet.

A Nkana, comme ailleurs en Rhodésie du Nord, existent deux types de minéraux uranifères, pechblende et uraninite, l'un filonien, traverse les couches plissées, l'autre est disséminé et réparti de manière stratiforme

dans les couches. Les deux types de minéralisation sont mis en place plus bas dans le système de Roan que l'uranium du Katanga [163 et 164].

Des deux déterminations d'âge du minerai de Nkana la première, encore non corrigée (n° 7a) et publiée en 1955, concerne le premier type de minéralisation [164] ; le résultat complet a été obtenu sur du minerai dont les conditions de gisement ne nous sont pas connues. Il s'agit du spécimen dont la maille avait été précédemment étudiée par B. WASSERSTEIN (voir III, n° 7, 1955, p. 71 /15) [165].

La datation du minerai disséminé est en cours. Il a été montré qu'il doit être également épigénétique et postérieur au plissement le plus important de la région qui est le plissement kundelunguien [166].

Le fait que certaines au moins des minéralisations uranifères de 600 m.a. sont contemporaines du plissement kundelunguien ou postérieures implique que les galènes (IIIA, n° 14, *a*, *b* et *c*, IIIA, n° 16, 1955, p. 72 /16) de la même région qui ont conduit à des âges conventionnels comparables à l'âge des minéralisations uranifères ne peuvent être toutes des galènes plus anciennes reprises lors du plissement kundelunguien [166].

Au surplus, même si la minéralisation uranifère était d'origine syngénétique et que ses manifestations épigénétiques actuellement datées de 620 m.a. n'en constituaient que le remaniement postérieur à tout ou partie du plissement, cet âge, datant le remaniement et non le dépôt initial, constituerait toujours une limite jeune pour tout le groupe du Katanga.

Une récente étude [167] fait état de recherches expérimentales qui montreraient que l'existence de nombreux âges divergents et interprétés comme indiquant une perte de plomb signifie qu'une ou plusieurs périodes d'augmentation de la température régionale ont eu lieu. Des exemples de ce genre de conditions sont : la région

du lac Athabasca au Canada, traitée dans l'étude en question et le Witwatersrand (voir p. 71). Inversement l'existence, dans une région déterminée, de pechblendes et d'uraninites dont les âges apparents obtenus par les divers rapports isotopiques sont concordants entre eux serait une preuve que la région n'a subi aucune élévation importante ou générale de température depuis la formation du minéral.

Tout en attirant l'attention sur le danger que présente l'extrapolation du plan de l'expérience de laboratoire à celui des phénomènes naturels, on peut examiner, à la lumière de ces vues et de ces faits, le cas du Katanga.

La présence dans cette région de plusieurs échantillons à uraninite ou de pechblende dont les trois âges apparents sont bien concordants (à Shinkolobwe et à Luishya) et la rareté des pertes de plomb massives, du genre de ce qui s'est produit dans les régions du lac Athabasca et du Witwatersrand, indiqueraient qu'il n'y a pas eu, postérieurement à la formation de la minéralisation uranifère de Katanga-Rhodésie, d'élévation régionale de la température suffisante pour produire des pertes massives de plomb.

Rien que la charge statique qui peut être actuellement mesurée (environ 8000 m de couches) aurait suffi à amener les dépôts d'uranium à une température voisine de celle qui a permis la perte massive de plomb au cours des expériences citées par ECKELMANN et KULP [167] (température supérieure à 190° et inférieure à 290°) et en outre le métamorphisme, s'il est généralement modéré, peut localement devenir plus intense (existence de biotite, présence de grenats dans le Kundelungu inférieur du sud du Katanga). Si donc les venues uranifères avaient été mises en place dans la Série des Mines (Système de Roan) avant le dépôt de la partie supérieure du groupe du Katanga, des conditions permettant des pertes massives de plomb auraient régné lors de l'oro-

genèse kundelunguienne. L'absence de semblable perte massive exclurait l'existence, postérieurement à la formation de l'uranium, d'une orogénèse importante comme l'orogénèse kundelunguienne.

On voit donc que l'application de ces vues, qui demandent vérification, conduirait à des conclusions analogues à celles déjà obtenues par d'autres voies [166].

L'âge conventionnel d'une cérusite de Kengere (510 m.a.) est à comparer à ceux de galènes du même gisement (570 m.a. et 620 m.a.) déjà mentionnées en 1955, p. 72/16 ; n° III 14 *b*. Ce gisement est localisé dans la série du Kundelungu inférieur.

**2° Afrique centrale (sauf Katanga et Copperbelt
de la Northern Rhodesia).**

14. *Galènes du Congo belge* (plomb commun *k* [129],
l [169])

k) Haute Ruindi, Kivu septentrional

âge conventionnel : 670 m.a.

l) riv. Ngunde, Mont Makundju à Moga, Maniema

âge conventionnel : 710 m.a.

La galène de la haute Ruindi (Kivu septentrional) [170] au voisinage du km 110 de la route de Sake à Luofu, provient d'un filon encaissé dans des roches vraisemblablement beaucoup plus anciennes (groupe de l'Urundi ou formation antérieure).

La galène de la rivière Ngunde provient d'un pannage dans les alluvions de l'affluent D96 de cette rivière. Cet affluent draine le gisement stannifère du mont Makundju à Moga (Maniema) [171]. Il n'y a aucune liaison certaine entre la galène et l'étain ; la proximité de plages de roches appartenant au groupe de la Lindi permet de suggérer qu'il pourrait s'agir de filons de sulfures post-Lindi, indépendants de la minéralisation stannifère liée au granite vraisemblablement urundien.

15. *Galènes de l'A.E.F.* (plomb commun [172])

c) Mpassa (Niari) âge conventionnel : 650 m.a.

Ce nouveau résultat contribue à montrer que la minéralisation Cu-Pb-Zn, etc... du Bas Congo et du Niari (A.E.F.) est contemporaine de celle du Katanga et de Rhodésie. La galène de Mpassa fait partie d'une minéralisation affectant le sommet du système schisto-calcaire (C. 5 ou S. C. III) et constituée de Cu, Fe, Pb, Zn, As, Ag, Cd, Co, Ni, V, les premiers métaux étant plus abondants que les derniers [162 et 173]. A l'encontre de ce qui a pu être fait pour le Katanga, il n'est pas possible d'exclure la possibilité que la minéralisation du Congo occidental soit reprise. Cette hypothèse paraît néanmoins peu vraisemblable [166b] (voir p. 41 des analyses de galènes du Cameroun).

16. *Galènes, Northern Rhodesia* (plomb commun [169])

b) Mazabuka, 20 km S.E. Mazabuka

âge conventionnel : 550 m.a.

c) Bukanda, près du Luapula

âge conventionnel : 400 m.a.

La galène de Mazabuka, située à 20 km environ au S.E. de Mazabuka près de la grand-route de Lusaka, provient de petits filons dans un calcaire considéré comme équivalent de celui de Lusaka [174]. La galène de Bukanda (gîte dans lequel le plomb est associé au zinc) provient de petits filonnets de quartz localisés dans le « Calcaire » (dolomie) rose du Système de Kundelungu. Parfois la galène est disséminée dans cet horizon [175]. L'examen de l'analyse isotopique fait soupçonner que ce plomb a été contaminé par du plomb radiogénique et que son âge conventionnel est donc trop jeune.

3° Cameroun et Togo.21. *Galènes du Cameroun* (plomb commun [176])

a) Hosséré Ribao, subdivision de Guider

âge conventionnel : 640 m.a.

b) Goutchoumi, 37 km N. garoua

âge conventionnel : 600 m.a.

c) 2 km S.E. Mamechi sur route Foumban-Banyo
à 40 km de Foumban âge conventionnel : 760 m.a.

Les deux premières galènes du Cameroun (nos 21a et b) sont assez apparentées, tandis que la troisième (no 21c) s'en écarte, et par son âge conventionnel et par sa situation géographique.

La galène de Goutchoumi (21b), à 37 km au N. de Garoua (9°35' N ; 13°27' E.), provient de filonnets de quartz minéralisés en wolfram situés au N.W. de l'Hosséré Goutchoumi qui est formé d'un granite intrusif discordant. Ces filonnets contiennent en outre : pyrite, chalcopryrite, blende, calamine, sidérose, fluorine et traversent un complexe de roches métamorphiques quartziques et granitiques anciennes [176].

La galène de Hosséré Ribao (no 21a), subdivision de Guider (9° 45' N ; 13°55' E), est localisée dans des filonnets logés dans un granite alcalin discordant. Elle est accompagnée d'un peu de blende et de pyrite (176). Dans les deux cas, les filonnets sont considérés comme liés à la mise en place du granite discordant qui est assimilé avec un certain doute au *Younger granite* du Nigeria [176].

La troisième galène de Cameroun provient d'un filon de quart situé à 2 km S.E. du village Mamechi sur la route de Malantouen. Le village Mamechi est situé sur la route Foumban-Banyo à 40 km de Foumban (5°06' N ; 11°33' E). Le filon est orienté W.S.W.-E.N.E. comme

les directions tectoniques générales. Il se trouve dans une zone de mylonites affectant un complexe granito-gneissique rangé dans le « complexe de base ». La galène est accompagnée d'un peu de pyrite et de malachite.

L'appartenance de cette dernière galène au groupe d'âge III A est assez incertaine.

22. *Galènes du Togo* (plomb commun [177])

a) Agbandi, cercle d'Atakpame

âge conventionnel : 530 m.a.

b) riv. Kendi, W. de Sokode

âge conventionnel : 540 m.a.

Les galènes du Togo sont situées : celle d'Agbandi, dans un filon de quartz dans le gneiss d'Agbandi présumé dahoméyen et celle de la rivière Kendi dans un filonnet de quartz dans des quartzites atakoriens [177].

Il convient de rappeler ici que 5 galènes de ces régions sont d'âge conventionnel assez voisin : Nigeria (n° II, 15) ; Cameroun (n° IIIA, 21a et b), Togo (n° IIIA, 22a et b) ont respectivement des âges conventionnels de 540, 640, 600, 530 et 540 m.a. La première est logée dans le Younger granite du Nigeria, les deux suivantes dans des granites discordants assimilés avec un certain doute au Younger granite.

Les données actuelles ne permettent pas d'affirmer si ces granites sont contemporains ou si ceux du Cameroun sont quelque peu antérieurs au *Younger granite* nigérien.

A vrai dire, à moins d'un beaucoup plus grand nombre d'analyses isotopiques de plombs communs prélevés dans des environnements géologiques certains, il paraît illusoire de vouloir séparer avec sécurité, par cette méthode, dans une même région, deux phases de minéralisation et de plutonisme aussi rapprochées que 485 et 620 m.a.

4° Afrique orientale.

23. *Monazite, Baragoi, Kenya* (analyse chimique [147])
 âge non corrigé : 635 m.a.

Ce n'est que provisoirement que cette monazite est classée dans ce groupe ; en effet, seul un âge non-corrigé obtenu par analyse chimique est actuellement connu. L'exemple de la monazite d'Antsirabe, dont l'âge non-corrigé est 700 m.a. et l'âge isotopique 2420 m.a., incite à attendre un complément d'information avant d'essayer d'en tirer un enseignement.

Signalons ici que le mica de Sahatany (Madagascar) (1955, p. 72/15, n° III, 8) passe de 690 à 550 m.a. par application de la nouvelle valeur adoptée pour la constante de désintégration du Rb^{87} (45, 157). De même, le mica de Alto Ligonha, Moçambique passe de 540 à 435 m. a. pour la même raison (1955, p. 72/15, n° III, 9).

5° Afrique australe.

17. *Minéraux plombifères du S. W. Africa* (Plomb commun 123 b)
 c) Tsumeb (cérusite) âge conventionnel : 580 m.a.
 d) Tsumeb (anglésite) âge conventionnel : 700 m.a.

Ces deux nouvelles mesures sur des minéraux secondaires de la mine de Tsumeb confirment l'appartenance de ces minéralisations épigénétiques dans les calcaires et dolomies d'Otavi à la minéralisation katanguienne.

18. *Galènes, Southern Rhodesia* (Plomb commun [178])
 b) Village Mine, Penhalonga (Umtali)
 âge conventionnel : 475 m.a.

c) Skipper Mine (Queque)

âge conventionnel : 735 m.a.

Les deux galènes de Rhodésie du Sud (IIIA n° 18*b* et *c*) sont situées dans des formations beaucoup plus anciennes que l'âge indiqué. Celle de Village Mine, Penhalonga, Umtali, est voisine de celles de Neady (IIIA n° 18) publiées en 1955. A. M. Macgregor indique que les filons plombifères recoupent les lentilles N.S. de la minéralisation aurifère [178] et suggère qu'ils pourraient être en relation avec l'origénèse du Frontier (Chimanimani) System. Leur proximité relative de vastes plages appartenant à l'*Umkondo System* peut également être soulignée en notant que l'*Umkondo* est très généralement considéré comme un équivalent d'une partie du Groupe du Katanga. La galène de Skipper Mine, Queque, est localisée dans les formations aurifères anciennes typiques.

Les deux galènes signalées ci-dessus et celles de Neady (665 m.a.) ont des âges conventionnels peu concordants, néanmoins toutes trois peuvent être katan-guiennes. Il ne paraît pas actuellement possible de tirer de leur existence des conclusions stratigraphiques.

24. *Galène de Stavoren Tin Mine, Potgietersrust Distr., Union of South Africa* (plomb commun [179])
 âge conventionnel : 540 m.a.

La galène de Stavoren (IIIA n° 22) provient de « pipes » stannifères inclus dans le granophyre du Bushveld Igneous Complex. Ces pipes traversent le complexe [144, p. 544]. L'âge conventionnel de cette galène est en accord avec la corrélation traditionnelle suivant laquelle le système du Transvaal, que couronne le *Bushveld Igneous Complex*, serait un équivalent de tout ou partie du Groupe du Katanga (voir à la page 47 une discussion de cette question).

Nous avons groupé sous le n° III 19 (1955, p. 73/17)

trois feldspaths potassiques du Congo belge dont les âges apparents étaient donnés comme compris entre 560 et 675 m.a. En appliquant les constantes citées page 12, on trouve actuellement pour l'échantillon de Manono, 505 m.a. ; pour celui de la riv. Lugusha, 565 m.a. ; ces deux minéraux proviennent de la chaîne kibarou-urundienne d'âge voisin de 1040 m.a. Étant donné le fait que le rapport A^{40}/K^{40} des feldspaths est généralement trop bas, cette divergence, d'ailleurs non expliquée, n'a rien qui doive étonner. L'échantillon de Boma, recalculé, conduit à un âge apparent de 470 m.a. (voir p. 35 et p. 45).

Trois lépidolites du district de Karibib (S. W. Africa) [157] figuraient sous les nos III, 11*d* à *f*, dans notre travail de 1955 (p. 72/27), avec des âges apparents obtenus par Sr/Rb de 600, 640, 670 m.a. L'utilisation de la nouvelle valeur de la constante ramène ces âges à : 475, 545, 550 m.a.

IIIb. Minéraux d'âge compris entre 850 et 950 m.a.

Quelques analyses font apparaître un ensemble de minéraux relativement bien datés dont l'âge est compris entre 850 et 950 m.a. Certains minéraux précédemment classés avec doute dans notre groupe IV pourraient faire partie de ce nouveau groupe, par exemple IV, 9 (1955, p. 76/20). De même, quelques minéraux du S. W. Africa classés dans le groupe III n° 11 pourraient également lui appartenir.

Par contre, les deux galènes suivantes raccordées précédemment à titre provisoire à l'ancien groupe IV (nos 6 et 7) sont des galènes à transférer dans la catégorie des plombs anormaux (voir p. 92).

(ex IV n° 6) *Galène, Langlaagte 1693, Pietersburg District 4484, Union of South Africa*

(ex IV n° 7) *Galène, East Geduld Mine, Witwatersrand, Union of South Africa*

Une interversion de numéros est soupçonnée entre galènes de Langlaagte et de Stavoren. En 1955, nous les avons indiquées en suivant les documents qui nous avaient été communiqués. A posteriori, sur le vu des résultats, une confusion entre les deux numéros a été soupçonnée et, dans les listes publiées [85, 128], l'analyse isotopique primitivement donnée pour le plomb de Langlaagte a été créditée à celui de Stavoren et réciproquement. Selon les documents publiés nous aurions dû en 1955 numéroter la galène de Langlaagte IV, 6 et non VI, 1 et celle de Stavoren VI, 1 et non IV, 6.

Nous nous conformons ici aux documents publiés mais pensons qu'il vaut mieux considérer ces résultats comme douteux du point de vue de la localisation. Celle-ci sera chaque fois accompagnée d'un « ? »

A noter qu'il s'agit de l'échantillon de Stavoren ici numéroté VIII, 10a et non de celui numéroté IIIA, 25.

Les nouveaux minéraux à classer dans le groupe IIIB sont : (1)

1. *Monazite, Goodhouse, Cape Province, South Africa*
(méthode du plomb, complète [180])

850 ; 945 ; 910 ; 900. âge adopté : 875 m.a.

2. *Monazite, Houtenbek 392, 70 miles N.E. Pretoria, S. Africa* (méthode du plomb, complète [180])

900 ; 1410 ; 1215 ; 930 âge adopté : 915 m.a.

La monazite de Goodhouse (n° 1) provient d'une pegmatite située dans le voisinage de la rivière Orange. Son âge relativement bas (875 m.a.) comparé à celui de l'uraninite de Bokspits (Gordonia, n° IV, 1) suggère qu'il

(1) Une discussion détaillée des âges de ces deux minéraux a paru pendant l'impression de ce travail, voir [180].

peut y avoir deux (ou plusieurs) générations de pegmatites dans cette partie de la chaîne de Kheis, ainsi que cela est le cas, par exemple, dans la région de Kakamas, 150 miles plus à l'est [181].

La monazite de Houtenbek 392 (n° 2) provient d'un filon de felsite quartzique dans le Red Granite du Bushveld Igneous Complex, en 25°16' S et 29°1' E, à environ 70 miles N.E. de Pretoria [182]. Il semble que ce minéral aît perdu de l'uranium et, dans ce cas, l'âge est probablement voisin de 915 m.a.

La comparaison de cet âge avec celui, un peu plus jeune, de la pegmatite de Goodhouse pourrait indiquer que celle-ci est largement postérieure au Kheis puisque dans le district de Prieska le système du Transvaal repose par son terme de base, le Black Reef, sur ce qui semble être une continuation du système de Kheis. Peut-être aussi les terrains dans la région de Prieska sont-ils raccordés de manière incertaine à ceux d'autres régions.

En attendant de nouvelles investigations, on peut noter qu'à présent 4 minéraux provenant du *Bushveld Igneous Complex* sont datés :

IIIA, 25 galène de Stavoren : âge conventionnel 540 m.a.
(voir p. 44).

IIIB, 2 monazite de Houtenbek 393 : âge adopté 915 m.a.

VIII,10a galène de Stavoren ? : âge conventionnel 2010 m.a. (1) (voir p. 76).

VIII,10b galène de Groenvlei : âge conventionnel 1910 m.a., (voir p. 76).

Si la monazite de Houtenbek est prise comme datant le Bushveld Complex, les galènes seraient l'une, plus jeune

(1) Par suite de la confusion d'échantillons, mentionnée p. 46, la localisation précise de ce plomb d'âge 2010 m.a. est incertaine.

(post Waterberg ?) et les autres, reprises du soubassement ancien. Une autre possibilité pourrait être préférable si des mesures subséquentes conduisaient à confirmer l'ordre de grandeur de l'âge conventionnel du plomb de la galène de Stavoren (n° III, 25). L'âge de la monazite, au même titre que celui des deux galènes, pourrait être trop élevé. Ceci pourrait s'expliquer si certains des cristaux de monazite, ou certains de leurs « noyaux », constituaient des « xénocristaux » dérivés de l'*Old granite*. Si ce processus, connu de longue date en ce qui concerne les zircons, est envisagé pour la monazite de Houtenbek, l'âge trouvé serait compris entre celui de la monazite de l'*Old granite* et celui de la monazite nouvellement cristallisée dans la veine de Houtenbek, postérieure au « nouveau » *Red granite*.

Il n'y a donc actuellement aucune certitude quant à l'âge du *Bushveld Igneous Complex*.

IV. Minéraux d'âge voisin de 1050 m.a.

Dans notre article précédent, ce groupe d'âge était essentiellement constitué par un ensemble assez homogène provenant de la partie N.W. de la province du Cap de l'Union Sud Africaine et de régions adjacentes du S.W. Africain (1955, n° IV, 1 à 4).

Quelques nouveaux résultats s'ajoutent à ce groupe.

Nous avons classé dans un groupe V (d'âge approximatif 1200-1400 m.a.) des minéraux de la chaîne Kibara-Urundi-Karagwe-Ankole (1955, n° V, 1 à 7) et d'autres qui en dérivent peut-être (n° V, 8). Ce classement était basé sur l'âge adopté pour une euxénite ugandaise (n° V, 1, 2) et celui très approximatif d'une « yttrocrasite » de Mitwaba (Katanga) résultant d'une analyse isotopique peu précise, par défaut de plomb (voir 1955, pp. 77/21-78/22). L'âge de l'« yttrocrasite » a été à présent déter-

miné avec grande précision et permet de classer l'ensemble des anciens n^{os} V, 3 à V, 7 dans le groupe IV. Quant au numéro V, 1 (euxénite de Nanseke) sa situation stratigraphique a toujours été un peu incertaine puisque le granite traversé par le filon de quartz de Nanseke, près Kagadi, n'appartient pas avec certitude aux granites karagwe-ankoléens, auxquels il est simplement attribué. En outre, l'erreur instrumentale sur la mesure du Pb 207 est tellement grande qu'il n'est pas du tout impossible que l'âge réel soit voisin de 1050 m.a. Une nouvelle mesure est en cours.

Les minéraux d'âge voisin de 1050 m.a. se répartissent en deux groupes géographiques distincts :

1° Ceux des régions voisines de la rivière Orange, S.W. Africa et Province du Cap ;

2° Ceux de la chaîne Kibara-Urundi-Karagwe-Ankole. En outre un zircon d'A.O.F. fait partie de ce groupe d'âge et on peut en rapprocher deux galènes et peut-être une monazite de Madagascar.

**1° Minéraux des régions voisines de la rivière Orange
(Union of South Africa et South West Africa).**

1b. *Uraninite de Bokspits (Bak River) Gordonia, Cape Province, South Africa* (méthode du plomb, complète [183])

1040 ; 965 ; 980 ; 970 âge adopté : 1040 m.a.

10. *Monazite de Steenkampskraal Farm, Cape Province, South Africa* (méthode du plomb, complète a [184], b [185 b])

a) 1170 ; 1500 ; 1350 ; 780

b) 1170 ; 1075 ; 1110 ; 990

âge adopté provisoirement : 1170 m.a.

11. *Feldspath et mica de la pegmatite de Jakkalswater, Namaqualand, South Africa* (Argon [119])

a) Feldspath potassique âge apparent : 545 m.a.

b) Mica âge apparent : 965 m.a.

La nouvelle détermination d'âge de l'uraninite de la pegmatite de Bokspuits (Gordonia) concorde très bien avec la première (1955, p. 75/19, n° IV 1).

La monazite de Steenkampskraal Farm, qui est associée à un peu de spinelle, provient d'un filon de quartz minéralisé dans des roches du système de Kheis à 64 km environ au N. de Van Rhynsdorp (18°45' E et 31° S). L'abondance considérable de plomb commun dans les deux échantillons analysés ne permet pas de calculer leur âge par les méthodes habituelles, des âges extrêmement différents pouvant être obtenus suivant la constitution isotopique adoptée pour le plomb commun qui sert à la correction. Toutefois si on admet, ce qui est raisonnable, que les deux spécimens ont même âge et que le plomb commun qui les contamine tous deux a la même constitution isotopique, on peut déduire des deux analyses un âge par $207/206$ et les rapports isotopiques $206/204$ et $207/204$ du plomb commun contaminant.

La relation $\frac{207}{206} = \frac{20.57 - 17.21}{77.33 - 34.48} = 0.0784$ conduit

à un âge apparent de 1170 m.a. D'autre part, si le plomb de correction a pour constitution isotopique $1 ; a ; b ; c$ on trouve facilement la relation : $b = 14.51 + 0.0784a$. Des valeurs telles que $a = 17.38$ et $b = 15.87$ satisfont (approximativement) cette relation et conduisent en outre à un âge conventionnel de 1170 m.a. En les prenant pour effectuer la correction du plomb commun et en leur adjoignant une valeur adéquate (37.6) pour le rapport $208/204$ convenant à une galène d'environ 1170 m.a., on peut calculer les autres âges apparents des monazites de Steenkampskraal.

Il serait cependant utile, pour pouvoir en toute sécurité adopter un âge pour cette monazite, de disposer d'analyses d'au moins un troisième spécimen qui permettrait le contrôle des résultats déduits de l'étude des deux premiers. En effet, si l'on tient compte des limites de précision de la mesure isotopique pour laquelle elles sont connues, on peut trouver, pour le rapport 207/206, des valeurs inférieures, dont la plus basse est 0.0721 correspondant à un âge apparent de 1005 m.a.

Dans l'état actuel de la question on peut être certain que l'âge de la monazite de Steenkampskraal est du même ordre de grandeur que celui de l'uraninite de Gordonite (1).

Les mesures d'âge de minéraux de la pegmatite de Jakkalswater (n° 11) par la méthode de l'argon dont seuls les rapports A^{40}/K^{40} ont été publiés [119] sont à comparer à celles qui avaient été faites sur de la lépidolite de même provenance, par la méthode Sr/Rb (1955, p. 76/20, n° IV, 4c ; [45, 185]). L'âge apparent, publié, de 1100 m.a. doit, si on applique les constantes mentionnées page 12, être réduit à 955 m.a. ce qui est en bon accord avec l'âge du mica par la méthode de l'argon. L'âge apparent du feldspath est trop bas (voir p. 12). L'âge apparent (strontium) de la lépidolite de Kinderzitt (1955, p. 76/20, n° IV, 4b) est ramené à 990 m.a.

2° Minéraux de la chaîne Kibara-Urundi-Karagwe-Ankole (Congo belge, Ruanda-Urundi, Tanganyika Territory, Uganda).

12. (ancien) « *Yttrocrasite* » (2) de *Mitwaba, Katanga, Congo belge* (méthode du plomb, complète [186]).

1040 ; 1110 ; 1080 ; 632 âge adopté : 1040 m.a.
par Ra D : 1106 ; par Th B : 948.

(1) Voir [185b] la discussion parue pendant l'impression de ce mémoire.

(2) La nature exacte de ce minéral vient d'être précisée ; il s'agit d'une priorite [186b]. Note ajoutée pendant l'impression.

13. *Monazite détritique de la rivière Lufironza, Urundi*
(analyse chimique [187])
âge non corrigé : 700 m.a.
14. *Galènes des monts Kibara, Congo belge* (plomb commun : *a* [65], *b* [138])
a) (ancien V, 6) Mitwaba
âge conventionnel : 925 m.a.
b) Lupopo
âge conventionnel : 850 m.a.
15. *Galènes du Maniema, Congo belge* (plomb commun [138]).
Mwendamboko, Namoya
âge conventionnel : 960 m.a.

L'« yttrocrasite » (n° 12) provient de filons de quartz situés à la périphérie du granite kibarien de la région de Mitwaba, monts Kibara. L'analyse actuelle prend la place de celle mentionnée en 1955 (p. 72/21, n° V, 3) qui était imprécise ayant dû être pratiquée sur une trop faible quantité de plomb.

L'âge de ce minéral constitue une limite jeune pour l'âge du groupe des Kibara qui est à présent défini par plusieurs minéraux dont l'« yttrocrasite » conduit à l'âge le plus précis :

n° 12 (anc. V, 3) : « yttrocrasite » = 1040 m.a., plomb complet ;

n° 13*a* et *b*, galènes de Mitwaba et de Lupopo = 925 m.a. et 850 m.a., plomb commun ;

anc. V, 4 : lépidolite d'une pegmatite de Muika [185] : l'âge apparent obtenu par la méthode Sr/Rb était donné (1955, p. 77/21) comme étant 1215 m.a. ; avec les constantes mentionnées page 11 on obtient 945 m.a.

La galène de Mitwaba provient des mêmes filons à Sn et sulfures que l'« yttrocrasite ». Celle de Lupopo provient de filons situés à peu de distance, au bord N du massif granitique de Kipata dans les monts Kibara [188].

Les données relatives au groupe de l'Urundi sont insuffisantes pour définir avec précision l'âge de ce groupe qui constitue un chaînon entre le groupe des Kibara et le système de Karagwe-Ankole de l'Uganda. La galène de la Petite Mobale (anc. V, n° 7, p. 77/22) 880 m.a., est tout à fait apparentée à celle de Mitwaba, ce qui confirme la parenté entre ces deux groupes.

La galène de Mwendamboko, Namoya près de Saramabila, Maniema, provient d'un filon de quartz avec sulfures recoupant des schistes tourmalinisés à sulfures. La région est aurifère, mais il ne semble pas y avoir de relation entre l'or et les filons sulfurés [189]. Les couches de la région ont été attribuées au groupe de la Ruzizi, la minéralisation sulfurée est d'âge urundien.

Il est intéressant de noter que les quatre galènes kibaro-urundiennes datées ont des âges conventionnels allant de 850 m.a. à 960 m.a. Tous sont inférieurs à l'âge bien établi de l'yttrocrasite de Mitwaba. Les rapports 208/204 sont analogues à ceux de plombs d'âges conventionnels supérieurs, de l'ordre de 1000 à 1100 m.a., plus en rapport avec l'âge de l'yttrocrasite, 1040 m.a. (voir p. 93). Il y a peut-être là, comme nous l'avons signalé précédemment (1955, p. 78/22), l'indication d'une légère anomalie de ces plombs.

La monazite détritique de la rivière Lufironza provient d'un point situé près du confluent de cette rivière et de son affluent la Kitanga. La Lufironza coule dans cette région sur le groupe de l'Urundi. L'âge non corrigé de cette monazite est compatible avec celui d'un minéral urundien qui aurait subi une perte de plomb. L'analyse isotopique de ce minéral est en cours.

L'âge apparent de 1060 m.a., donné comme peu précis

[185], obtenu par la méthode du strontium sur une lépidolite de Ruhuma (Uganda), appartenant au cycle karagwe-ankoléen, passe à environ 805 m.a. (voir 1955, p. 77/21, ancien n° V, 5), en le recalculant au moyen de la nouvelle valeur adoptée pour la constante de désintégration du Rb⁸⁷.

Une étude détaillée récente du système de la Bushimaie [190] conduit à attribuer aux galènes de l'horizon « C2 » de ce système (1955, p. 88 n° V, 8a et b) une origine syngénétique certaine. Les âges conventionnels (1050 m.a.) du plomb des galènes de cet horizon du système de la Bushimaie qui est discordant sur le groupe des Kibara, coïncident avec l'âge de ce dernier groupe. Cette partie, au moins, du plomb du système de la Bushimaie paraît avoir été reprise du groupe des Kibara.

On peut mentionner ici le cas de la galène de Manono (n° An 1 i ⁽¹⁾, voir p. 94) qui recoupe la pegmatite stannifère kibarienne de cette mine et dont l'âge conventionnel est de 440 m.a. Il s'agit presque certainement d'une galène anormale, le désaccord entre les indications fournies par les rapports 206/204 et 207/204 d'une part et 208/204 d'autre part, étant considérable. Alors que l'âge conventionnel est de 440 m.a. le rapport 208/204 est intermédiaire entre celui des galènes kibariennes et des galènes katanguiennes, mais plus voisin des premières que des secondes. Selon toute vraisemblance, on est en présence d'une galène kibarienne « rajeunie » par adjonction de plomb radiogénique provenant principalement ou uniquement de la désintégration de l'uranium. La présence d'autunite dans la mine est significative à cet égard [191].

(¹) La notation « n° An... » se rapporte à la portion du texte relative aux plombs de constitution isotopique anormale (voir p. 93).

3° Minéraux de régions diverses, d'âge apparent ou conventionnel voisin de 1050 m. a.

16. *Zircon alluvial, Diogué, Casamance, A.O.F. (Pb/a [135])* âge apparent : 1045 m.a.

Le zircon de Diogué (Casamance) provient d'un concentré d'exploitation des sables à ilménite des plages. M. ROQUES indique que le broyage a pu entraîner une légère erreur sur le plomb [135]. La source de ce minéral n'est pas connue.

17. *Monazite du col de Manangotry (Anosy) Madagascar* (méthode du plomb, complète [191b])

$$1140 \begin{array}{r} + 300 \\ - 375 \end{array} ; 525 ; 650 ; 575.$$

âge adopté : ? 1140 m.a.

18. *Galènes de Madagascar* (plomb commun [192])

a) Ampandrano, district d'Ambositra
âge conventionnel : 1110 m.a.

b) Ambantofamgehana, district d'Ambositra
âge conventionnel : 1140 m.a.

La monazite de Manangotry provient de pegmatites dans le granite anosyen, à la base du col de Manangotry, sur la route de Fort Dauphin à Ranomafana.

L'ordre des âges apparents paraît indiquer une perte de plomb importante ; la concordance relative entre les âges obtenus par les rapports 206/238 et 207/235 vis-à-vis de l'âge obtenu par 207/206 suggère qu'une grande partie de cette perte s'est produite il y a longtemps dans l'histoire géologique du minéral. L'âge réel pourrait donc être sensiblement supérieur à 1140 m.a. En outre, la déviation standard sur la mesure de l'isotope 207 est élevée et est la principale cause des écarts élevés indiqués

pour l'âge obtenu par 207 / 206 qui peut être compris entre 765 m.a. et 1440 m.a.

Ces deux raisons font qu'il est impossible de fixer l'âge du granite anosyen avec quelque précision et qu'il n'est mentionné dans ce groupe d'âge IV qu'avec beaucoup de réserves.

Les galènes malgaches, dont les âges conventionnels concordent bien « sont logées dans deux filons distants d'une dizaine de km » et « appartiennent indubitablement à une même minéralisation recoupant la série des Cipolins et en rapport avec le complexe granitique d'Ambatofinandrahama ». Leur âge est pris comme limite jeune pour la série des Cipolins [192].

V. Minéraux d'âge compris entre 1225 et 1550 m.a.

Il n'existe que peu de minéraux d'âge compris entre 1200 m.a. et 1950 m.a. Pour la plupart, il s'agit d'âges approximatifs. Nous les répartissons un peu arbitrairement en deux groupes d'âges : V et VI. Le nouveau groupe V comprend des minéraux dont l'âge est compris entre 1225 et 1550 m.a. et remplace l'ancien (1955, p. 77 / 21) qui groupait des minéraux dont l'âge était réputé compris entre 1200 et 1400 m.a. mais qui, ainsi qu'on l'a vu (p. 48), sont plus jeunes.

Dans ce groupe, les n^{os} 1 à 8 ayant été employés pour des minéraux actuellement transférés au groupe IV, la numérotation commence par 9.

1^o Afrique australe.

9. *Galènes de Rhodésie du Sud* (plomb commun *b* [193], *c* [128])

b) Elbus Mine, Wankie âge conventionnel : 1170 m.a.

c) Kambandje Mine, Wankie

âge conventionnel : 1300 m.a.

Les deux galènes du district stannifère de Wankie proviennent d'une plage de paragneiss de direction générale N.E. à E. La minéralisation stannifère est logée dans des pegmatites et est associée au wolfram et au tantale [194]. Elle rappelle celles du cycle karagwe-ankoléen et du cycle shamvaïen (1955, p. 89/36). Les gneiss de Wankie ont été attribués au Shamvaïen [143].

Par leur constitution isotopique et leur âge conventionnel ces deux galènes se rapprochent de celle de Keynshamburg Farm publiée en 1955 (p. 76/20, n° IV, 8), ce dernier minéral se trouve cependant dans une toute autre région et associé à d'autres types de roches. Elles se distinguent par ailleurs assez nettement des galènes connues du cycle karagwe-ankoléen et de celles de Madagascar (voir p. 52 et p. 55).

10. *Galène d'Appelfonteyn 71, Zoutpansberg District, Union of South Africa* (plomb commun [195]).

âge conventionnel : 1450 m.a.

La galène d'Appelfonteyn (30°12' E — 23°5' S) provient d'un filon de quartz dans l'*Old granite* [196]. Sa constitution isotopique la sépare nettement de celles de la région de Wankie et de Keynshamburg.

2° Régions diverses.

11. *Zircon, km 102 du C.F.C.O., Moyen Congo, A.E.F.* (Pb/ α [197]).

âge apparent : 1250 m.a.

Le zircon de la carrière du Km 102 du Chemin de Fer Congo-Océan, provient de la diorite quartzique des Saras localisée aux abords immédiats de la station du chemin

de fer. Cette diorite constitue un petit massif syntectonique dans la série de la Loukoula, série supérieure du système du Mayumbe [197]. (La série de la Loukoula correspond à la série de la Duizi du même système au Congo belge).

12. *Zircon pegmatitique d'Ampanobe, à l'ouest de Fianarantsoa, Madagascar* (Pb/ α [135])

âge apparent : 1515 m.a.

La zircon d'Ampanobe provient des pegmatites et dissogénites traversant la série de Vohimena (système du Vohibory) [135 et 151]. L'âge apparent de 1515 m.a., qui est en réalité la moyenne de deux déterminations donnant respectivement 1475 et 1555 m.a., constitue une limite jeune pour l'âge du système du Vohibory (voir à ce sujet, p. 82).

VI. Minéraux d'âge compris entre 1650 et 1900 m.a.

Ce groupe, très hétérogène, ne comporte aucune détermination certaine.

Les limites indiquées dans le titre sont, comme pour le groupe précédent, approximatives ; la limite supérieure a été reculée de 50 m.a. par rapport à celle adoptée en 1955.

Une correction doit être apportée à cet article (1955, p. 78/22) dans lequel le premier minéral de ce groupe d'âge était, par suite d'une confusion possible de numéros, mentionné comme venant de Langlaagte (voir p. 46). Il proviendrait en réalité de Stavoren. En outre, les analyses isotopiques d'une ou deux galènes sud-africaines ont été répétées [128] et conduisent à des modifications de leur âge conventionnel, de sorte que nous devons reporter au groupe VIII (voir page 76) les deux premiers numéros du groupe VI de notre publication antérieure.

Le transfert des galènes sud-africaines dans le groupe VIII laisse à cinq le nombre de minéraux dont l'âge apparent ou conventionnel est compris entre les limites indiquées. Ces minéraux sont très dispersés : Maroc (n° VI, 5), Gold Coast (n° VI, 4), N.E. du Congo belge (n° VI, 3a et b) et Madagascar (n° VI, 6).

3. *Galènes dans le groupe du Kibali du N.E. du Congo belge* (plomb commun [198])

b) Dila, près Watsa, Kibali

âge conventionnel 1940 m.a.

Cette galène provient de filons ou lentilles de quartz aurifère mis en place dans le groupe du Kibali du N.N.E. du Congo. Son âge conventionnel confirme celui déjà obtenu pour la galène voisine, de Zambula (n° VI, 3a) qui occupe une situation analogue. L'âge conventionnel moyen pour ces deux galènes est 1845 ± 95 m.a.

6. *Galènes du district de Tsaratanana, Madagascar* (plomb commun)

a) Besakay [192] âge conventionnel : 1750 m.a.

b) Ambatomitsangana [145]

âge conventionnel : 1850 m.a.

c) Ankisatra [145] âge conventionnel : 1890 m.a.

Ces trois galènes malgaches proviennent de filons recoupant le groupe de Maevatanana qui est rattaché au système du Vohibory. Il s'agit de filons de quartz, parfois aurifères, tous situés dans le district de Tsaratanana. Celui d'Ambatomitsangana est situé à 4 km au sud de Tsaratanana et celui d'Ankisatra se trouve à une trentaine de km à l'est du précédent [145, 192].

Il semble bien que les trois plombs aient une constitution isotopique quelque peu anormale car le rapport

208/204 est nettement trop grand par comparaison avec les rapports 206/204 et 207/204. Ceci est surtout marqué pour les galènes de Besakay et d'Ambatomitsangana, de sorte que c'est le plomb d'Ankisatra qui paraît conduire à l'âge conventionnel le plus exact et qui peut être adopté ici, comme limite supérieure pour le groupe de Maevatanana, tout en risquant d'être trop jeune (voir discussion p. 82 et p. 95).

Deux des minéraux de ce groupe d'âge, déjà mentionnés en 1955 (p. 78/22), sont des âges apparents obtenus par la méthode de l'argon. En recalculant leur âge au moyen des constantes adoptées dans ce travail on trouve :

n° VI.4. Feldspath à l'E. de Konongo, Gold Coast

âge apparent : 1645 (au lieu de
1850)

n° VI 5. Mica, Tirghrarghrine, Anti-Atlas Central, Maroc

âge apparent : 1665 (au lieu de
1860)

Le deuxième de ces âges apparents, étant obtenu sur mica, est vraisemblablement proche de l'âge réel, tandis que le premier est probablement trop bas. Un exemple est donné p. 74 d'un microcline d'âge apparent 1660 m.a. qui provient d'une pegmatite dont l'âge réel est très voisin de 2000 m.a. (voir p. 12 et p. 107).

Recalculés avec la valeur actuellement adoptée pour la constante de désintégration du Rb^{87} , les âges des trois lépidolites du Buganda (Uganda, 1955, p. 82/27, n° IX, 8) sont ramenés à des valeurs comprises entre 1825 et 1880 m.a. (au lieu de 2340 à 2580 m.a.). Ces âges caractérisent ce que R. B. MACCONNELL propose d'appeler le Système de Buganda qui prolonge le Nyanzien-Kavirondien du Tanganyika et du Kenya [199].

Étant donné que le Nyanzien est vraisemblablement

antérieur à 2800 m.a. (1955, p. 86/30) on peut penser que ces âges apparents de 1825 à 1880 m.a. pourraient caractériser le Kavirondien.

La comparaison s'impose avec les âges conventionnels de plombs de galènes de filons aurifères mis en place dans le groupe du Kibali de la région de Watsa, Congo belge (voir p. 59).

VII. L'uraninite du Witwatersrand.

La complexité des problèmes que pose l'âge du Système du Witwatersrand justifie l'examen de cette question en un paragraphe particulier bien que la plupart des minéraux uranifères appartiennent apparemment au groupe d'âge VIII. Dans notre précédent article, plusieurs des données d'âge étaient mentionnées de manière provisoire ou incomplète. Nous reprenons ci-dessous tous les âges obtenus pour les minerais d'uranium des « reefs » du Système du Witwatersrand et des formations analogues des systèmes environnants : Dominion Reef, Ventersdorp, et la base du Système du Transvaal (*Black Reef*). Tous ces minéraux sont des concentrés.

La plupart des âges apparents obtenus ne sont pas concordants entre eux, dans ces conditions un âge approchant de l'âge vrai ne peut être obtenu qu'au prix d'une certaine interprétation. Cette question sera discutée plus loin mais nous mentionnons déjà ici que l'« âge adopté » que nous indiquons implique l'interprétation que la presque totalité des minéraux analysés aient perdu du plomb.

1. *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand* (plomb complet), [107]).

(1) 2180 ; 1395 ; 1720 ; 3770 ; âge adopté : 2180 m.a.

(1') 2100 ; 1380 ; 1680 ; 2465 ; âge adopté : 2100 m.a.

- (1") 2120 ; 1375 ; 1675 ; 2840 ; âge adopté : 2120 m.a.
 (1' ") 2025 ; 1385 ; 1640 ; 605 ; âge adopté : 2025 m.a.
2. *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand* (plomb complet) [61]).
 2220 ; 1085 ; 1520 ; (4000) ; âge adopté : 2220 m.a.
3. *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand* (plomb complet [201])
 1980 ; 1330 ; 1575 ; — ; âge adopté : 1980 m.a.
4. (plomb complet [202])
- a) *Thucholite, Black Reef, Govt Gold. Min. Areas, S. du Transvaal*
 2540 ; 2130 ; 2340 ; — ; âge adopté : 2540 m.a.
- b) *Uraninite, Contact Reef, Western Reefs Mine, S. de Ventersdorp*
 2210 ; 1400 ; 1730 ; 1680 ; âge adopté : 2210 m.a.
- c) *Thucholite, Contact Reef, Western Reefs Mine, S. de Ventersdorp*
 2410 ; 1690 ; 2020 ; 1500 ; âge adopté : 2410 m.a.
- d) *Uraninite, Kimberley Reef, Marievale, S. du Witwatersrand*
 2100 ; 1330 ; 1630 ; (4000) ; âge adopté : 2125 m.a.
- e) *la même, impure*
 2120 ; 1510 ; 1760 ; — ; âge adopté : 2125 m.a.
- f) *Thucholite, Kimberley Reef, Marievale, S. du Witwatersrand*
 2130 ; 220 ; 2160 ; — ; âge adopté : 2125 m.a.
- g) *Uraninite, Basal = Vaal = Bird Reef, Free State Dev. Mine, S. du Witwatersrand*
 2130 ; 1275 ; 1620 ; — ; âge adopté : 2130 m.a.

- h) *Uraninite, Main Reef, Wit Nigel Mine, S. du Witwatersrand*
1990 ; 1225 ; 1520 ; 2740 ; âge adopté : 1990 m.a.
- i) *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand*
2260 ; 1625 ; 1930 ; 3490 ; âge adopté : 2260 m.a.
- j) *la même, impure*
2280 ; 1635 ; 1940 ; 3440 ; âge adopté : 2280 m.a.
- k) *la même, autre échantillon impur*
2260 ; 1660 ; 1890 ; 2960 ; âge adopté : 2260 m.a.
- l) *Uraninite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S. du Witwatersrand*
2025 ; 1840 ; 1900 ; 2770 ; âge adopté : 2050 m.a.
- m) *Thucholite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S. du Witwatersrand*
2065 ; 2110 ; 2070 ; 3050 ; âge adopté : 2050 m.a.
- n) *Thucholite, Government Reef, Carbon Leader, Babasco Mine*
2265 ; 1810 ; 2020 ; 1840 ; âge adopté : 2265 m.a.
- o) *Uraninite, Dominion Reef, Domin. Reefs Mine, S. du Dominion Reef*
2760 ; 1700 ; 2210 ; 3825 ; âge adopté : 2760 m.a.
5. a) *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand (analyse chimique seule [203])*
âge non corrigé : 1860 m.a.
- b) *Uraninite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S. du Witwatersrand*
âge non corrigé : 1450 m.a.
- c) *Thucholite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S. du Witwatersrand*
âge non corrigé : 1480 m.a.

6. *Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand* (plomb complet [204])

2220 ; 1638 ; 1890 ; 3020 ; âge adopté : 220 m.a.

Plusieurs travaux importants ont paru depuis 1954, portant soit sur l'âge des minerais uranifères, soit sur l'origine de la minéralisation. Dans la première catégorie se trouvent les travaux de J. E. T. HORNE et C. F. DAVIDSON [107, 200] qui sont en faveur d'une origine hydrothermale pour l'uraninite et ceux de J. D. LOUW et F. W. E. STRELOW [202] dont les résultats soutiennent l'hypothèse d'une origine détritique (voir aussi [206]). Dans la seconde catégorie, les recherches de P. RAMDOHR [205] et de W. T. LIEBENBERG [203] ont montré, de manière complètement indépendante, à la suite d'examen détaillés en section polie, que de l'uraninite détritique est présente dans les *reefs* et paraît être indispensable à la formation de l'uraninite et de la thucholite secondaires qui l'accompagnent. Les travaux de W. R. ECKELMANN et J. L. KULP [106] sur les pechblendes de la région du lac Athabasca (Canada) apportent une explication du mécanisme de ces transformations. Ils considèrent que les pechblendes de cette région canadienne ont perdu du plomb à au moins deux reprises depuis la mise en place initiale de l'uranium. Semblable recristallisation a été obtenue expérimentalement, en présence d'eau à une température de 150°-300° C. Au cours de la formation de l'uraninite secondaire, du plomb radio-génique est libéré et contribue avec du plomb d'autres origines à la formation de galène dont le plomb est en général de constitution isotopique « anormale » (voir pages 96 et suiv.).

G. W. Wetherill [108b] est également en faveur de l'hypothèse de la perte de plomb.

Interprétation des résultats.

La plupart des âges apparents obtenus sur les minéraux uranifères du Rand ne concordent pas entre eux et l'ordre dans lequel ils se présentent est généralement :

$$t\left(\frac{207}{206}\right) > t\left(\frac{207}{235}\right) > t\left(\frac{206}{238}\right)$$

Plusieurs explications ont été envisagées pour rendre compte de cette disposition et passées en revue par J. E. T. HORNE et C. F. DAVIDSON [107] dans un cas particulier d'uraninite du Witwatersrand. Les tendances actuelles de l'interprétation de cet ordre des âges apparents ont été exposées page 7 et suiv.

L'hypothèse que les discordances constatées sont principalement dues à des pertes de radon [202] a été écartée [207]. L'hypothèse du mélange d'uraninites d'âges différents obtenus par remaniement des minéraux uranifères des reefs [107] se ramène en somme à l'hypothèse de la perte de plomb puisque les remaniements se produisent avec pertes de plomb.

Seule reste à envisager l'hypothèse suivant laquelle l'uraninite contiendrait du plomb radiogénique ancien [107, 109*b*] et celle habituellement admise et fréquemment invoquée de la perte de plomb.

La première hypothèse conduirait à adopter comme âges, des valeurs qui, dans chaque cas, seraient inférieures à celles des âges apparents (un exemple est donné dans [107]). Les arguments invoqués contre cette hypothèse [107] ne sont pas entièrement convaincants et elle ne semble pas pouvoir être écartée dans l'état actuel des connaissances.

Toutefois plusieurs des minéraux uranifères du Rand ont des âges apparents relativement concordants au voisinage de 2000 m.a. (voir par exemple, n° 4, *f*, *l*, *m*) ce qui n'est pas en faveur de l'existence, dans l'ensemble des miné-

raux, de plomb radiogénique ancien, laquelle aurait comme conséquence de rendre l'âge, supposé unique, de la plupart de ces uraninites plus jeunes que les plus jeunes âges apparents : 1100-1200-1300 m.a. environ.

C'est pourquoi nous pensons l'hypothèse de la perte de plomb la plus vraisemblable.

L'exposé qui suit s'inscrit dans cette hypothèse.

Correction pour la présence de plomb commun.

Dans le calcul de l'âge de chacune des uraninites ou thucholites investiguées, une correction, due à la présence de plomb commun, doit être faite. Le choix de la constitution isotopique à adopter pour le plomb de correction est très incertain.

Dans l'hypothèse de la perte de plomb, le plomb radiogénique qui se trouve dans les Reefs est issu de l'uraninite et ne peut servir à la correction pour le plomb commun contaminant le minéral uranifère. C'est pourquoi nous préférons l'un ou l'autre des plombs de Rosetta Mine ou d'Uitloop 291 (n° XI, 3 et VIII, 11, p. 76 et p. 90) qui se trouvent l'un et l'autre dans les formations constituant le soubassement du système du Witwatersrand.

On peut d'ailleurs constater que dans nombre de cas, le choix de différents plombs de correction ne modifie guère les âges calculés, comme en témoigne le tableau ci-après dans lequel les minéraux étudiés sont classés par ordre stratigraphique de haut en bas. Trois « âges adoptés » sont donnés : le premier est obtenu en corrigeant au moyen du plomb de la Mine de Rosetta, les second et troisième, dans la parenthèse, proviennent de corrections effectuées respectivement avec le plomb d'Uitloop et celui d'East Geduld Mine (n° An 2^e, p. 94) qui est un plomb de constitution isotopique anormale, comprenant une forte proportion de plomb radiogénique.

Système du Transvaal

Black Reef : (n° 4 *a*) : 2540 m. a. (2480 m. a. ; 2370 m. a.)

Système de Ventersdorp

Contact Reef : (n° 4 *b*) : 2210 m. a. (2200 m. a. ; 2160 m. a.)

(n° 4 *c*) : 2410 m. a. (2380 m. a. ; 2340 m. a.)

Système du Witwatersrand

Kimberley Reef : (n° 4 *d* à *f*) : 2125 m. a. (2055 m. a. ; 1950 m. a.)

Bird Reef : (n° 4 *g*) : 2130 m. a. (2090 m. a. ; 2040 m. a.)

Main Reef : (n° 4 *h*) : 1990 m. a. (1970 m. a. ; 1950 m. a.)

(n° 4 *j*) : 2280 m. a. (2270 m. a. ; 2260 m. a.)

(n° 4 *k*) : 2260 m. a. (2255 m. a. ; 2245 m. a.)

(n° 6) : 2220 m. a. (2200 m. a. ; 2190 m. a.)

(n° 2) : 2220 m. a. (2200 m. a. ; 2190 m. a.)

(n° 1') : 2100 m. a. (2280 m. a. ; 2075 m. a.)

(n° 1'') : 2120 m. a. (2110 m. a. ; 2100 m. a.)

(n° 1''') : 2025 m. a. (2020 m. a. ; 2010 m. a.)

(n° 3) : 1980 m. a. (1940 m. a. ; 1920 m. a.)

(n° 4 *l* et *m*) : 2050 m. a. (2045 m. a. ; 2040 m. a.)

(n° 4 *n*) : 2265 m. a. (2240 m. a. ; 2190 m. a.)

Système du Dominion Reef

Dominion Reef : (n° 40) : 2760 m. a. (2750 m. a. ; 2740 m. a.)

Âge des uraninites et thucholites.

La totalité des uraninites et la grande majorité des thucholites ont des âges apparents dont l'ordre nous fait admettre (voir p. 66) des pertes de plomb. Dans ces conditions, l'âge déduit des rapports 207/206 est dans chaque cas le meilleur, mais est chaque fois plutôt trop bas.

La formation des thucholites impliquant des remises en mouvement et des mélanges, les données obtenues sur uraninite sont probablement plus dignes de foi, mais il n'y a aucune réelle opposition entre les résultats obtenus sur ces deux groupes de minéraux.

Les minéraux de deux localités, Blijvooruitzicht (Main Reef, n° 4, *l* et *m*) et Marievale (Kimberley Reef, n° 4 *d* à *f*) sont particulièrement intéressants du point de vue géochronologique parce qu'ils paraissent per-

mettre de fixer un âge de façon assez précise. L'uraninite de Blijvooruitzicht a, d'après la distribution de ses âges apparents, perdu du plomb, tandis que la thucholite a perdu de l'uranium. L'âge, qui doit être déduit des rapports 207/206, est dans ces conditions supérieur à 2025 m.a. et inférieur à 2065 m.a. Nous aurions donc un âge très voisin de 2050 m.a. qui se rapproche de ceux du cycle du Limpopo (VIII, n° 1-3, p. 74).

Un raisonnement analogue appliqué aux minéraux de Marievale conduit à un âge de 2125 m.a. environ.

On peut constater dès l'abord, qu'il n'y a aucune relation entre les âges adoptés pour chaque échantillon et leur répartition stratigraphique.

En fait, les âges s'étalent entre 2000 m.a. environ et 2760 m.a.

La question qui se pose, est de savoir si tous ces minéraux avaient originellement le même âge ou s'ils doivent être répartis entre deux ou plusieurs groupes d'âges.

Une première hypothèse permet d'envisager que des uraninites d'au moins deux âges très différents ont contribué à la formation d'un minerai des reefs.

L'âge le plus ancien, indiqué par l'uraninite du Dominion Reef est supérieur à 2760 m.a. Il correspond à des terrains antérieurs au Shamvaïen (2650 m.a.). L'âge le plus jeune est voisin de 2000 m.a. et se rapproche de l'âge du cycle du Limpopo.

Ce point de vue implique que les uraninites et thucholites de l'ensemble de la formation sont des mélanges de venues uranifères appartenant à deux générations indépendantes ayant respectivement 2000 m.a. environ et plus de 2760 m.a. Il paraît soutenu par le fait que les minéraux du Black Reef (base du système du Transvaal) et du Ventersdorp Contact Reef (système du Ventersdorp) ont précisément des âges intermédiaires entre 2000 et 2760 m.a. Or, ces formations sont considérées comme

provenant du remaniement du Dominion Reef et du Witwatersrand. Par contre, B. WASSERSTEIN a bien voulu nous informer que la maille du cube de nombreuses uraninites parmi celles étudiées ici ont même dimension, ce qui est un argument pour les considérer comme toutes de même âge originel.

Une deuxième hypothèse doit être envisagée : toutes les uraninites seraient de même âge que celle du Dominion Reef, ou seraient plus âgées que l'âge apparent de celle-ci (2760 m.a.). Les âges plus faibles, obtenus sur les uraninites des autres Reefs seraient attribuables à une perte de plomb au moment du transport et du dépôt.

Que des pertes de plomb soient intervenues est soutenu par l'ordre dans lequel sont rangés les âges apparents de tous les spécimens sauf deux thucholites qui paraissent dénoter une légère perte d'uranium (impliquant dans ce cas qu'il y a eu perte de plomb et perte d'uranium dans ces deux spécimens).

Il est possible d'expliquer la répartition des âges sur cette base, la perte de plomb ayant pour effet d'abaisser le rapport 207/206 et l'âge qui en est déduit, surtout si la perte s'est produite vers le milieu de l'histoire du minéral.

Origine de l'uraninite.

On a vu que cette question est fort débattue.

On trouvera dans l'article de LIEBENBERG et la discussion qui le suit [203] la plupart des éléments qui permettent de se faire une opinion sur la question (voir aussi 206a).

Dans l'hypothèse, envisagée ici, de pertes de plomb, pour expliquer la répartition des âges apparents, les conditions de terrain, jointes à la connaissance des âges adoptés qui sont soit exacts, soit trop jeunes, permettent de renforcer l'idée d'une origine détritique.

La postériorité du Système du Witwatersrand par rapport au soubassement « *swazi* » de 3200-3400 m.a. paraît actuellement certaine. L'âge de la thorianite de Loolekop (2060 m.a.) et celui d'une galène (2110 m.a.) située dans une mylonite au sein de l'*Older granite* à Uitloop (Potgietersrust District) à proximité d'un endroit où le Black Reef repose en discordance sur l'*Older granite*, semblent indiquer que toute la portion du *Basement* située au N.E. des affleurements du *Bushveld Igneous Complex*, du système de Transvaal, du Witwatersrand, etc. soit entre 24°30' et 22°15' S, a subi l'influence du cycle de Limpopo de 2000 m.a. environ. La carte géologique indique clairement la postériorité du Witwatersrand et des systèmes plus récents, par rapport à ce soubassement, dont les lignes structurales E.N.E.-W.S.W. prolongées passent sous les affleurements ondulés ou subhorizontaux du système du Witwatersrand et des terrains postérieurs.

En ce qui concerne le Black Reef au moins, ces relations sont évidentes et soulignées par A. L. DU TOIT [144, p. 39].

Le métamorphisme du soubassement pouvant être daté de 2000 m.a. environ, il est évident que les minéraux uranifères d'âge antérieur à 2000 m.a. du Witwatersrand et des terrains plus récents ne peuvent être ni hydrothermaux ni des produits de précipitation syngénétique (ce qui impliquerait que des couches postérieures à un métamorphisme de 2000 m.a. environ soient déposées en 2400 ou 2750 m.a. par exemple). Il reste l'origine détritique d'ailleurs conforme à de nombreuses observations d'ordres divers (voir LIEBENBERG [203]).

Les relations géologiques soutiennent l'origine détritique de la minéralisation uranifère du Rand mais une explication permettant de résoudre la contradiction entre cette origine et l'impersistance assez générale, dans les conditions actuelles, de l'uraninite comme minéral détri-

tique ne peut encore être considérée comme trouvée (voir à ce sujet [206]).

Signification géochronologique des uraninites.

Dans ces conditions, l'uraninite qui serait issue d'un soubassement ante-Witwatersrand ne peut que fournir un âge limite ancien pour ce système. Mais on a vu que l'âge même de l'uraninite est discutable, dans ces conditions les enseignements géochronologiques qui sont fournis directement par les nombreux âges de l'uraninite n'éclairent guère la question de l'âge du système de Witwatersrand.

Existence de remaniements.

L'ordre des âges apparents des minéraux uranifères a été considéré comme témoignant de pertes de plomb ; l'existence de nombreuses galènes dont le plomb est de constitution isotopique anormale témoigne de l'adjonction de plomb radiogénique à des plombs de constitution isotopique normale. Il semble donc presque assuré que le plomb radiogénique perdu par les uraninites soit allé s'ajouter aux plombs d'autres origines pour constituer les plombs anormaux dont il est question p. 94 et 96. Nous avons vu qu'une explication avait été suggérée pour ce phénomène. Au surplus l'existence de remaniements est acceptée par tous les auteurs.

Le moment de ces remaniements pourrait être une donnée chronologique importante puisqu'elle constituerait une limite jeune pour le système du Witwatersrand.

Age des remaniements.

L'étude des âges apparents des uraninites et de la constitution isotopique des plombs anormaux conduit

à des données permettant de fixer l'âge ou les âges des remaniements.

Nous nous bornerons à résumer ici cette question fort complexe.

Les âges apparents obtenus par 206/238 sont presque tous plus jeunes que les âges apparents déduits de 207/206. Les plus jeunes sont compris entre environ 1100 et environ 1400 m.a. Ceci dénote, pour des uraninites de même âge, des pertes de plomb en quantité variable; les plus jeunes âges 206/238 étant plus proches du moment de la perte de plomb que les plus vieux.

Dans le cas où il n'y a eu qu'un seul remaniement, celui-ci a dû se produire plus récemment que 1100 m.a. On sait d'ailleurs qu'il y a eu des remaniements très récents, puisque une uraninite a donné un âge chimique non corrigé de 159 m.a. [107, 200].

Le fait que nombreux sont les âges 206/238 compris entre 1225 et 1400 paraît indiquer qu'un remaniement important s'est produit entre 1100 et 1400 m.a. tandis que les remaniements postérieurs à 1100 ont été de peu d'effet.

Dans l'hypothèse exposée p. 69 où les uraninites ont toutes même âge originel que celle de Dominion Reef ou sont plus anciennes, et que leurs âges apparents plus jeunes déduits des rapports 207/206 sont dus à des pertes de plomb, on peut calculer le moment de ces pertes qui est compris entre les limites approximatives de 1100 et 1300 m.a.

En admettant la même hypothèse, le procédé imaginé par G. W. WETHERILL [108b] conduit également, pour le remaniement qui aurait produit ces pertes, à des âges de 1100 m.a. ou un peu supérieurs suivant qu'on admet pour l'âge originel, l'âge apparent de l'uraninite de Dominion Reef ou des âges quelque peu plus anciens.

Enfin, le même âge approximatif pour le remaniement

peut être obtenu en étudiant les galènes à plombs anormaux du Witwatersrand.

On verra, à la page 96, que ces plombs sont constitués de deux parties : une partie normale dont la constitution isotopique est probablement presque la même que celle des plombs de Rosetta Mine, et une partie radiogénique.

Si, des proportions isotopiques 206/204, 207/204 et 208/204 des plombs anormaux du Witwatersrand, on soustrait celles du plomb normal de Rosetta Mine, il reste les quantités de plomb radiogénique 206, 207 et éventuellement 208, qui ont été retirés des minéraux uranifères lors de leur remaniement, pour être adjoints aux plombs communs de constitution isotopique normale.

Le rapport 207/206 de ces portions radiogéniques permet de calculer le moment de cette transformation si on connaît l'âge du minéral uranifère.

En faisant pour celui-ci trois hypothèses plausibles (3350 m.a., 2770 m.a., 2050 m.a.), on retrouve chaque fois un âge voisin de 1300 m.a. pour un remaniement qui apparaît comme le remaniement principal.

Ce chiffre approximatif paraît pouvoir être pris comme limite jeune des systèmes du Witwatersrand et de Ventersdorp.

Ce résultat, plausible, est obtenu en adoptant, pour l'interprétation du manque de concordance des âges apparents, l'hypothèse de la perte globale de plomb au cours d'un ou de plusieurs remaniements des minéraux uranifères.

VIII. Minéraux d'âge voisin de 2000-2300 m.a.

Nous avons proposé le nom de cycle du Limpopo pour un « cycle » dont la phase finale est voisine de 2000 m.a. et qui est géographiquement localisé dans le nord du

Transvaal et le sud de la Rhodésie du sud, de part et d'autre du fleuve Limpopo (1955, p. 89/35). A ce cycle appartiennent sûrement deux des minéraux mentionnés ci-après (n^{os} 3 et 8). D'autres paraissent pouvoir lui être rapportés également, bien que localisés à une certaine distance de la région type (n^{os} 9 et 11).

Un premier groupe de minéraux de cet âge est localisé en Afrique australe, un autre en Afrique occidentale ; on en a encore reconnu en Afrique centrale et à Madagascar.

1° Minéraux d'Afrique australe.

3. *Concentré radioactif de Beitbridge, Southern Rhodesia* (méthode du plomb, complète [207])

1935 ; 1945 ; 1940 ; 2005 âge adopté : 1940 \pm 60 m.a.

8. *Microcline, Beitbridge, Southern Rhodesia* (argon [208])

âge apparent : 1660 m.a.

Le concentré, principalement constitué de titanite, avec un peu de zircon, de grenat et de monazite, accusait un âge non corrigé de 2220 m.a. (1955, p. 80/25, n^o VIII, 3). L'analyse isotopique conduit à des âges apparents assez concordants qui, tout en restant du même ordre de grandeur que celui déjà obtenu sur la titanite n^o VIII, 1, environ 2060 m.a. conduisent à un âge un peu inférieur.

Compte tenu des précisions indiquées pour les mesures (2060 \pm 40 et 1940 \pm 60 m.a.) un âge de 2000 m.a. paraît à retenir pour le cycle du Limpopo (voir p. 102).

Le microcline provient des pegmatites qui ont livré les minéraux uranifères ayant permis de définir le cycle (n^{os} VIII, 1 et 2, 1955, pp. 80/25 et ci-dessus). L'âge apparent est donc sensiblement trop bas. Il reste encore trop faible (1880 m.a.) même si on utilise les constantes préconisées par K. SHILLIBEER et R. D. RUSSELL [117] (voir p. 12).

9. *Thorianite, Loolekop, Eastern Transvaal, Union of South Africa* (plomb complet [209])

2060 ; 2000 ; 2020 ; 1820 âge adopté : 2060 m.a.

La thorianite de Loolekop, riche en uranium, provient de la carbonatite du complexe de Palabora (ou Phalaborwa) situé juste au N. des rivières Selati et Olifants, au N.E. du *Bushveld Igneous Complex* (31°18' E ; 24° S.). L'âge qui est ici adopté (2060 m.a.) est basé sur des mesures nouvelles de J.W.L. DE VILLIERS et est bien plus ancien que l'âge provisoire publié (environ 1400 m.a.). Ce dernier âge était déjà envisagé avec surprise puisque le complexe de Palabora était considéré comme d'âge Karroo ou d'âge compris entre le Waterberg et le Karroo [209].

10. *Yttrotantalite de Kelley Mine, Swaziland* (méthode du plomb, complète [123b])

2060 ; 1105 ; 1455 ; 1270 âge adopté : 2060 m.a.

Les âges apparents fort discordants de ce minerai suggèrent, par leur ordre, une perte de plomb. C'est pourquoi nous adoptons 2060 comme étant vraisemblablement l'âge le plus proche de la réalité.

Cette yttrotantalite est associée à la minéralisation stannifère pegmatitique liée au granite d'Usutu (G 2A in [81]) ou G4 [208b] qui est postérieur au système de Pongola.

L'*Upper Pongola* est souvent considéré comme équivalent au Witwatersrand inférieur [81].

Cette nouvelle donnée géochronologique, quoique assez incertaine, rappelle les âges obtenus dans la formation de Messina.

6. *Galènes mises en place dans le système du Transvaal, Union of South Africa* (plomb commun [210])

b) Leeuwenkloof 97, Pretoria District
 âge conventionnel : 2140 m.a.

11. *Galènes dans le Bushveld Igneous Complex, Union of South Africa* (plomb commun [128])

a) Stavoren, Potgietersrust District ? (voir aussi IIIA n° 25) âge conventionnel : 2010 m.a.

b) Groenvlei 610, Potgietersrust District
 âge conventionnel : 1910 m.a.

12. *Galène d'Uitloop 291, Potgietersrust District, Union of South Africa* (plomb commun [210])

âge conventionnel : 2110 m.a.

Les deux galènes situées dans le *Bushveld Igneous Complex* (n° 11a et b) avaient précédemment été classés dans le groupe d'âge VI (anciens n°s VI, 1 et 2). Les analyses isotopiques de leurs plombs ont été améliorées et conduisent à des âges conventionnels voisins de l'âge du cycle du Limpopo de la région type de laquelle leurs gisements ne sont d'ailleurs pas très éloignés (voir aussi p. 44 et 47).

La galène de Stavoren dont il est question ici est *un autre* échantillon que celle, n° IIIA 25, dont l'âge conventionnel a été donné p. 47. La localisation de cet échantillon est incertaine, voir p. 46.

Les galènes de Stavoren et de Groenvlei accompagnent la minéralisation stannifère située dans le *Bushveld Igneous Complex* ou associée à lui.

La minéralisation de Groenvlei 610 est située dans les granites de Bobbejaankop et de Lease qui sont parmi les plus jeunes et, du point de vue économique, les plus importants des granites du *Bushveld Igneous Complex*. La galène se trouve principalement comme remplissage de cavités irrégulières dans l'*ore body* de quartz et tourmaline à molybdène [211].

La galène de Stavoren se trouve dans les « pipes » situés dans les granophyres de cette localité où elle accompagne l'étain [144].

Étant donné que le *Bushveld Igneous Complex* fait partie d'un ensemble qui repose en discordance sur le soubassement ancien dont fait partie la chaîne de Messina ou de Limpopo, dont l'âge, bien déterminé, est très voisin, 2000 m.a., on peut en conclure que ces galènes sont « reprises » au soubassement et reprécipitées dans des terrains plus jeunes, éventuellement avec une adjonction de plomb plus jeune.

La galène de Leeuwenkloof 97, mise en place dans le système du Transvaal, a un âge conventionnel qui est en relativement bon accord avec celui qui était précédemment connu (Doornhoek, Marico Distr., 1955, n° VIII, 6 : 2310 m.a.). Elle remplace des dolomies vers le sommet de la série des dolomies du système du Transvaal [212] et de même que celle de Doornhoek 32 est considérée comme liée génétiquement au *Bushveld Igneous Complex* [144, p. 529].

Quant à la galène d'Uitloop 291, elle provient d'une zone broyée, imprégnée de quartz, incluse dans un granite ancien (antérieur au *Bushveld Igneous Complex*). Non loin du gisement, ce granite est surmonté en discordance par la série du Black Reef [212].

Ces deux dernières galènes ont des constitutions isotopiques fort semblables et paraissent nettement apparentées ; peut-être sont-elles, à en juger d'après leur rapport Pb_{208}/Pb_{204} , légèrement plus anciennes que l'âge conventionnel indiqué plus haut. Leur composition isotopique est, malgré la similitude des âges conventionnels, assez différente de celle des autres galènes mentionnées dans ce groupe. Sans doute, faut-il voir dans les galènes de Leeuwenkloof et Doornhoek des reprises de galènes plus anciennes dont celle de Uitloop 291 pourrait être un exemple.

Il est plausible d'admettre que cette reprise se soit effectuée, comme pour les galènes 11a et b, en liaison avec l'activité qui a produit le *Bushveld Igneous Complex*.

2° Minéraux d'Afrique occidentale.

13. *Uraninite des pegmatites de Grabo, Côte d'Ivoire, A.O.F.* (plomb complet [213])
1950 ; 1710 ; 1820 ; 1720 âge adopté : 1950 m.a.
14. *Zircon des pegmatites de Grabo, Côte d'Ivoire, A.O.F.*
(Pb / α [135]) âge apparent : 2310 m.a.
15. *Galènes d'Afrique occidentale française* (plomb commun [214])
 - a) Banora, Guinée Française
 âge conventionnel : 2160 m.a.
 - b) Poura, Haute Volta âge conventionnel : 2160 m.a.
 - c) Hiré, Côte d'Ivoire âge conventionnel : 2180 m.a.
 - d) Afema, Côte d'Ivoire
 âge conventionnel : 2190 m.a.
 - e) Niamiankro (Ahunta) Côte d'Ivoire
 âge conventionnel : 2220 m.a.
 moyenne : 2190 \pm 30 m.a.

Les minéraux de l'Afrique occidentale française (12 à 14) proviennent les uns de la pegmatite de Grabo (Bas-Cavally, Côte d'Ivoire), les autres de filons de quartz aurifère dans le Birrimien de la Guinée française, de la Haute Volta et de la Côte d'Ivoire.

La pegmatite de Grabo, d'âge voisin de 1950 m.a., est mise en place dans un complexe métamorphique rattaché en bloc au Birrimien, et considéré comme flottant sur un socle granito-gneissique très érodé.

Cette pegmatite et celles, également uranifères, de

Nekaounie et de See, constituent des intercalations dans le complexe métamorphique formé de roches vertes, schistes divers, micaschistes et paragneiss. La pegmatite (microcline, muscovite, biotite, quartz) est potassique et contient comme minéraux accessoires : almandin, tourmaline, magnétite, zircon gris, monazite verte et apatite ; elle est minéralisée en pyrite diffuse dans la pegmatite et le gneiss encaissant et en uraninite, sous forme de cubes parfaits, concentrée principalement dans le microcline perthitisé [213].

Quant aux galènes, celles de Hiré (5°17'W—6°11'N) et Niamiankro (Ahunta) en Côte d'Ivoire sont logées dans des filons de quartz aurifère accompagnées, la première de pyrite et la seconde de chalcopryrite, mis en place dans des granodiorites ou granites du type « Dixcove » ; celles de Poura (2°42'W—11°37'N, Haute Volta), Banora (10°17'23"W—11°36'N, Guinée Française) et d' Afema (2°57'W—5°26'N, Côte d'Ivoire) proviennent de filons et lentilles de quartz aurifère, avec pyrite dans les deux dernières localités, mis en place dans des roches birrimiennes ; Birrimien supérieur à Poura, Birrimien inférieur dans les deux dernières localités. Les granites de type Dixcove sont géographiquement liés au Birrimien auquel ils sont postérieurs tout en étant antérieurs au Tarkwaien. Ces filons sont post-birrimiens et selon toute vraisemblance sont anté-tarkwaiens comme ceux, également post-birrimiens liés au granite de Dixcove qui sont l'origine de la minéralisation aurifère des conglomérats tarkwaiens.

On dispose donc en Afrique occidentale des données géochronologiques suivantes pour le Précambrien ancien :

Pegmatite post-Tarkwaien (Gold Coast) (voir p. 60).
Feldspath : âge apparent : 1645 m.a.

Pegmatite de Grabo, postérieure à des couches attribuées au Birrimien (Côte d'Ivoire)

Uraninite : âge : 1950 m.a

Zircon : âge apparent : 2310 m.a.

Galènes de divers filons ou lentilles de quartz aurifère post-Birrimien ou post-granite de Dixcove : A.O.F.

5 galènes : âges conventionnels compris entre 2160 et 2220 m.a.

âge conventionnel moyen : 2190 ± 30 m.a.

Monazite et galènes postérieures aux Sula Mountain Schists (Sierra Leone) (1955, p. 84/29-85/30, n° X, 1 et 2).

1 monazite : « âge » : 2940 m.a.

3 galènes : âges conventionnels compris entre 2890 et 3020 m.a.

âge conventionnel moyen : 2955 ± 65 m.a.

Il paraît à présent très vraisemblable que les Sula Mountains Schists du Sierra Leone, antérieurs à 2940 m.a. sont anté-birrimiens.

D'autre part, l'âge pré-Tarkwaien des filons et lentilles aurifères du Birrimien est à peu près certain [215].

L'âge de la pegmatite de Grabo est bien déterminé et doit être considéré comme voisin de 1950 m.a., l'âge apparent de 2310 m.a. obtenu par la méthode Pb/a devant céder le pas à celui obtenu sur uraninite par la méthode du plomb appliquée de façon complète.

Malheureusement, on ne connaît pas les relations entre cette pegmatite et les filons aurifères post-birrimiens et anté-tarkwaiens. Du point de vue géochronologique, il n'est pas exclu que les âges conventionnels des plombs de filons aurifères post-birrimiens (moyenne : 2190 m.a.) signifient la même chose que 1950 m.a., âge de l'uraninite

de la pegmatite. Cette hypothèse est cependant improbable par suite de l'excellent groupement des âges de ces plombs tous compris entre 2160 et 2220 ce qui paraît indiquer qu'ils sont réellement plus anciens que 1950 m.a. et, si l'on tient compte d'autre part de leur vaste répartition géographique, il paraît peu vraisemblable qu'il s'agisse de plombs ante-birrimiens repris.

Il paraît préférable de considérer que l'uraninite est réellement plus jeune que les galènes. Celles-ci sont certainement plus anciennes que la pegmatite post-tarkwaienne dont l'âge apparent par la méthode de l'argon est de 1645 (± 120 m.a.). Si l'on tient compte du fait que les âges des feldspaths par la méthode de l'argon sont fréquemment trop bas, il est parfaitement plausible d'admettre que la pegmatite potassique post-tarkwaienne de la Gold-Coast et la pegmatite potassique de Grabo sont contemporaines.

La position géologique de la pegmatite de Grabo ne sert pas à grand chose pour éclairer la discussion, l'attribution au Birrimien du lambeau de roches métamorphiques encaissantes étant incertaine ; on peut, eu égard à ce qui précède, se demander si le lambeau dont le classement est douteux ne fait pas partie du Tarkwaien, bien que le Tarkwaien connu le plus proche soit éloigné d'environ 350 km de Grabo.

Quoi qu'il en soit, malgré les incertitudes, on peut noter que les *Sula Mountains Schists* sont antérieurs à 2940 m.a., le Birrimien, qui est sûrement antérieur à 1950 m.a. pourrait avoir comme limite jeune, 2190 m.a. Quant au Tarkwaien son âge pourrait être compris entre 1645 et 1950 m.a. ou entre 1950 et 2190 m.a.

3° Régions diverses (Madagascar, Afrique centrale et orientale).

16. *Galène d'Andrambo, distr. de Nosy-Varika, Madagascar* (plomb commun [145])

âge conventionnel : 2140 m.a.

Cette galène provient du « gisement de quartz aurifère d'Andrambo-Marointovo interstratifié dans une série gneissique à amphibolites et talcschistes rattachée au système du Vohibory » [145].

On dispose ainsi de cinq minéraux provenant de pegmatites, de filons ou de veines quartzieuses localisées dans le système du Vohibory ou dans des formations qui lui sont rattachées.

- 1) 1515 m.a., Zircon d'Ampanobe (pegmatite traversant la série Vohimena du système du Vohibory).
- 2) 1750, 1850, 1890 m.a. — Galènes de Besakay, d'Ankissatra et d'Ambatomitsangana (filons de quartz traversant le groupe de Maevatanana, actuellement rattachée par H. BESAIRIE au système du Vohibory).
- 3) 2140 m.a. — Galène d'Andrambo (veine de quartz interstratifiée dans une série gneissique, rattachée au système du Vohibory).

La faible proportion de plomb commun dans les zircons permet de considérer leur âge apparent comme correct à environ 10 % près s'il n'y a pas eu perte de plomb, ou trop faible par suite d'une telle perte qui ne peut être évaluée. L'âge apparent du zircon d'Ampanobe ne constitue donc qu'une limite jeune pour le système du Vohibory. Il en est de même pour les trois galènes du groupe de Maevatanana par rapport à ce groupe, à la fois par suite de leur mode de gisement et par le fait qu'il s'agit de plombs anormaux ; l'âge conventionnel le plus ancien (1890) doit être pris comme limite jeune pour le groupe de Maevatanana (voir discussion p. 95). Enfin la série gneissique dans laquelle est interstratifiée la veine de quartz d'Andrambo a pour limite jeune 2140 m.a.

A l'heure actuelle, H. BESAIRIE [145, 192] considère les deux dernières formations comme se rattachant au

système du Vohibory qui dans ce cas serait antérieur à 2140 m.a. (si la galène d'Andrambo n'est pas reprise).

Compte tenu du fait que le groupe de Maevatanana est situé au-dessus du système du Vohibory tel qu'il était compris avant le rattachement du groupe de Maevatanana à ce système et que l'âge de 1515 m.a. obtenu sur zircons peut être beaucoup trop jeune (perte de plomb), on peut se demander si la succession suivante ne doit pas être envisagée :

1890 m.a.
Groupe (ou Système) de Maevatanana
2140 m.a.
Système du Vohibory

(la même restriction que ci-dessus doit être faite concernant la possibilité d'une reprise de la galène d'Andrambo).

Enfin si le rattachement de la série gneissique contenant la galène d'Andrambo au système du Vohibory est inexact, l'âge conventionnel de 2140 m.a. peut s'appliquer à des formations antérieures au système du Vohibory qui, de toutes façons, paraît antérieur à 1890 m.a.

IX. Minéraux d'âge voisin de 2650 m.a.

Ce groupe déjà très bien défini en 1955 (p. 81/26), s'est enrichi de plusieurs déterminations.

6. *Micas de Southern Rhodesia* (Argon)

b) Bikita Quarry [120] âge apparent : 2550 m.a.

Un premier résultat avait été publié (voir 1955, p. 82/27, n° IX, 6) comme ayant un âge de 2610 m.a. Actuellement recalculé au moyen des constantes admises p. 12 il devient 2410 m.a. et coïncide moins bien avec l'âge de 2650 m.a. de ces pegmatites. Le deuxième résultat (b)

est nouveau et, compte tenu de la précision indiquée (± 150 m.a.), coïncide de manière satisfaisante avec les âges obtenus par la méthode du plomb, complète.

7. *Lepidolites de Southern Rhodesia* (Strontium)

l) Pope Tantalum Mine (ou Pope's Claim) [114].

mica mauve biaxe : âge apparent : 2245 m.a.

mica vert biaxe : âge apparent : 2355 m.a.

mica mauve uniaxe : âge apparent : 2145 m.a.

m) Bikita Quarry [115] âge apparent : 2530 m.a.

n) Bikita Quarry [185] âge apparent : 2710 m.a.

o) Forfar Farm, près Shangangwe Peak [185]
âge apparent : 2490 m.a.

A ces résultats nouveaux il faut ajouter les âges apparents déjà publiés par nous (1955, p. 82/27), rectifiés en faisant usage de la nouvelle constante de désintégration du Rb⁸⁷.

j) Pope Tantalum Mine [45, 185]

âge apparent : 2810 m.a.

k) Bikita Quarry [87, 116]

âge apparent : 2685 m.a.

Les nouvelles déterminations de l'âge apparent de la lépidolite de Pope's Claim sont données ici après calcul au moyen de la constante de désintégration citée p. 11, $\lambda = 1.39.10^{-11}a^{-1}$. Elles avaient été publiées avec les âges apparents suivants obtenus par l'emploi de $\lambda = 1.16.10^{-11}a^{-1}$:

a) $2690 \begin{matrix} + 115 \\ - 61 \end{matrix}$ m.a. ; b) $2820 \begin{matrix} + 53 \\ - 118 \end{matrix}$ m.a. ; c) 2570 m.a. ;

(moyenne 2693 ou 2725 ± 150). La coïncidence avec les âges par la méthode du plomb, excellente lorsqu'on utilise la valeur adoptée par les auteurs est, dans ce cas, beaucoup moins bonne si on fait usage de celle préconisée à la p. 12.

La pegmatite de Forfar Farm se trouve dans le coin N.E. de cette propriété et recoupe une masse lenticulaire de serpentine. Elle est située à 22 km environ au N.E. de Shangangwe Peak (19°54' S. ; 29°37' E.). La pegmatite se trouve à la bordure du granite à microcline et biotite d'Insiza. La région est décrite par P. A. WAGNER [216].

9. *Galènes postérieures au Shamvaien, Southern Rhodesia* (plomb commun [193])

a) Kingsley Hoard Mine, 2 1/2 miles au nord de Bindura, Mazoe District

âge conventionnel : 2710 m.a.

b) S. T. Mine, Bindura, Mazoe District

âge conventionnel : 2710 m.a.

Ces deux galènes proviennent de veines de quartz mises en place dans les *Shamva grits* [217].

De nombreuses galènes accompagnant la minéralisation aurifère de Rhodésie du Sud ont fait l'objet d'analyses isotopiques. Parmi celles-ci, seules jusqu'ici, sont sûrement post-shamvaiennes les deux galènes susmentionnées. D'autres existent peut-être parmi les galènes énumérées p. 87.

Étudiant la distribution des âges des monazites rhodésiennes (n° IX, 1 à 3) qui conduisent à l'expression la plus précise de l'âge du cycle shamvaien, L. AHRENS [106] arrive à la conclusion que l'âge le plus probable (« âge convergent ») serait plutôt 2680 m.a. que 2650 m.a., âge que nous avons retenu pour caractériser tout le groupe d'âge.

Quoi qu'il en soit, il est important de faire remarquer qu'à présent que les déterminations par strontium paraissent améliorées on obtient, par toutes les méthodes employées, de bonnes coïncidences pour l'âge des pegmatites shamvaiennes, comme en témoignent les très bonnes

correspondances obtenues pour les pegmatites de la région de Bikita :

Monazite (plomb complet) (IX, 2, 1955, p. 81/26) :	2650 \pm 40 m.a.
Lépidolite (argon) :	2550 \pm 150 m.a.
Lépidolite (strontium) :	2710, 2685 et 2530 m.a.

Sauf pour un groupe de mesures, les coïncidences sont améliorées pour les pegmatites de Pope Tantalum Mine :

Microlite (207/206 seul) :	2510 \pm 100 m.a.
Lépidolite (argon) :	2410 \pm 150 m.a.
Lépidolite (strontium) :	2810 m.a.

Enfin l'âge conventionnel des deux galènes sûrement post-shamvaiennes (2710 m.a.) coïncide bien avec l'ensemble des résultats obtenus sur minéraux de pegmatites.

Les lépidolites du Buganda, Uganda, anciens n° IX, 8 *a*, *b* et *c*, recalculées, passent dans le groupe d'âge VI (voir p. 60).

Le mica lithique de la pegmatite de Letaba (Willie 481), Transvaal (45, 185) anciennement classé dans le groupe d'âge XI (1955, p. 86/32, n° XI, 4) est actuellement ramené à 2815 m.a. par l'emploi de la nouvelle constante.

Il pourrait donc appartenir, par comparaison avec certaines des mesures sur lépidolites rhodésiennes, au groupe d'âge IX ou peut-être au groupe X.

Enfin le mica lithique de Hombolo, Tanganyika [45, 185], anciennement classé dans le même groupe d'âge XI (1955, p. 86/31, n° XI, 1) est actuellement ramené à 2440 m.a. ce qui paraît indiquer qu'il appartient au groupe d'âge IX ou qu'il est un peu plus récent. Cet âge apparent, meilleur que celui qui était publié en 1955, ne soutient pas l'idée qu'on se trouve en présence des plus anciennes formations du Tanganyika Territory (voir 1955, p. 86/31).

X. Minéraux d'âge voisin de 2900 m.a.**Rhodésie du Sud.**

Aux nombreuses analyses isotopiques de galènes sud-rhodésiennes déjà mentionnées dans cette catégorie en 1955 (p. 84/30-85/31) viennent s'ajouter les suivantes dont les trois premières pourraient indiquer le groupe d'âge précédent.

3. *Galènes de Southern Rhodesia* (plomb commun)

k) Hardy Mine, Darwin [193]
 âge conventionnel : 2580 m.a.

l) St Ives Mine, Queens, Bulawayo [128]
 âge conventionnel : 2680 m.a.

m) Cobra Mine, Gwanda [193]
 âge conventionnel : 2700 m.a.

n) Municipal Granite Quarry, Bulawayo [128]
 âge conventionnel : 2800 m.a.

o) Albany Reef, Shangani [128]
 âge conventionnel : 2815 m.a.

p) Golden Oriole Mine, Essex Vale [128]
 âge conventionnel : 2825 m.a.

q) C.S.C. Mines, Wedza Hill, Marandellas
 (moyenne de 2 anal. [193 et 128])
 âge conventionnel : 2825 m.a.

r) Jessie Mine, Gwanda [128]
 âge conventionnel : 2940 m.a.

s) Cactus Mine, Queque [128]
 âge conventionnel : 3030 m.a.

t) Malachite Mine, Gwanda [128]
 âge conventionnel : 3050 m.a.

u) Clutha Mine, Umtali [128]

âge conventionnel : 3110 m.a.

Deux autres galènes appartenant probablement à ce groupe sont incluses dans la liste des plombs de constitution isotopique anormale (n^{os} An 1, *h* et *n*, p. 93).

Des 23 galènes mentionnées en 1955, ci-avant (IX, 9) et ci-dessus, 15 (soit 65 %) (n^o X, 3 *a, b, c, d, e, f, g, h, l, m, n, p, q, r, s*) proviennent de filons ou de lentilles de quartz aurifères mis en place dans le système bulawayen.

De ces 15 galènes mises en place dans le Bulawayen, 3 ont un âge conventionnel compris entre 2580 et 2730 m.a. et 12 (soit 80%) ont un âge conventionnel compris entre 2800 et 3050 m.a.

Des 8 galènes restantes, 2 sont mises en place dans le Shamvaien (n^o IX, 9), 2 (n^o X, 3 *i* et *j*) proviennent de veines et lentilles dans le Mont d'Or granite, 3 (n^o X, 3 *k, o, t*) ne sont pas localisées stratigraphiquement et 1 (n^o X, 3 *u*) provient de veines traversant des talcschistes probablement sebakwiens. De ces 8 galènes, 5 ont un âge conventionnel compris entre 2550 et 2710 m.a. et 3 compris entre 2810 et 3110 m.a.

Si l'on considère que toutes ces galènes proviennent d'une minéralisation Au-Pb etc... unique, son âge conventionnel serait exprimé par 2830 ± 280 m.a. ou par la moyenne $2815 \begin{cases} + 295 \\ - 265 \end{cases}$ m.a.

Du fait de la répartition stratigraphique des galènes, on attribuerait cet âge moyen au cycle bulawayen et le fait que deux galènes sont certainement mises en place dans le Shamvaien pourrait être attribué à une reprise.

Néanmoins, un examen plus approfondi de la répartition de tous ces plombs permet de constater l'existence de trois groupements assez serrés avec maxima de fréquence en 2700, 2825 et 3040 m.a.

On peut, avec quelque confiance, faire correspondre le premier de ces groupements au cycle shamvaïen puisque deux de ses éléments sont sûrement post-shamvaïens. Peut-être les deux autres groupements correspondent-ils à deux minéralisations post-bulawayennes distinctes plutôt qu'à une seule ? [218]. On peut aussi penser que le cycle bulawayen est caractérisé par un âge moyen voisin de 2825 m.a. et que les galènes plus anciennes peuvent comporter un mélange de plomb anté-bulawayen repris et mélangé au plomb post-bulawayen. Néanmoins, l'examen des constitutions isotopiques de ces plombs ne permet pas de séparer nettement les premiers des seconds.

En particulier, la galène de la mine de Clutha (n° X, 3 u) bien que située dans des roches probablement sébakwiennes a une constitution isotopique analogue à celles des galènes post-bulawayennes dont elle paraît inséparable.

En résumé, la suggestion relative à datation de la succession des terrains anciens de Rhodésie du Sud faite en 1955 et reprise à la p. 91 est renforcée par les analyses récentes qui ont montré que les plombs mis en place dans le système Shamvaïen (IX *a* et *b*) se trouvaient dans le groupe d'apparence le plus jeune des galènes des régions aurifères de la Rhodésie et que leur âge conventionnel coïncidait avec l'âge de pegmatites shamvaïennes.

Elle est également renforcée par le fait qu'une limite jeune de plus de 2980 m.a. pour le Sebakvien a été obtenue (voir p. 90).

Néanmoins, tant que les relations de terrain entre minéralisation Au-Pb etc... post-bulawayenne et le système Shamvaïen ou ses pegmatites à Li-Be-Ta-Sn ne seront pas plus certaines ou qu'une datation certaine par minéral radioactif n'aura pas été obtenue, l'âge du cycle bulawayen reste hypothétique mais probablement compris entre 2825 et 3040 m.a.

La lépidolite de Letaba, Transvaal (ancien n° XI, 4) pourrait, on l'a vu p. 86, appartenir à ce groupe d'âge.

XI. Minéraux d'âge apparent ou conventionnel supérieur à 2900 m. a.

1° Afrique australe (Southern Rhodesia et Union of South Africa).

3. *Galène de Rosetta Mine, Barberton, E. Transvaal, Union of South Africa* (plomb commun [219])
nouvelle analyse isotopique sur le même échantillon :
âge conventionnel : 3320 m.a.
5. *Galet de granite dans le conglomérat de base du Bulawayen rivière Sebakwe, Southern Rhodesia* (argon [208])
âge apparent : > 2980 m.a.
6. *Mica lithique de Kubuta, Swaziland* (strontium [185])
âge apparent : 3210 m.a.

Une nouvelle analyse du plomb de la galène de Rosetta Mine, confirme l'ancienne ; la moyenne des deux analyses conduit à un âge conventionnel moyen de 3345 m.a. On verra, p. 96, que l'âge du plomb des galènes anormales du Witwatersrand est vraisemblablement presque le même que celui du minéral de Rosetta Mine.

L'âge apparent du granite sebakwien repris à l'état de galet dans le conglomérat de base du Bulawayen constitue une limite jeune pour le Sebakwien. G. J. WASSERBURG a bien voulu nous communiquer que ce granite ne contenait pratiquement pas de mica. Dans ce cas, l'âge apparent de 2980 m.a. calculé avec la valeur $R = 0.118$ est presque certainement trop faible et l'âge apparent de 3240 m.a. calculé au moyen de $R = 0.089$ (voir p. 107) est probablement plus près de la vérité, tout en ne tenant

pas compte de la perte éventuelle d'argon par le fait du métamorphisme et de l'altération.

Bien qu'imprécise, cette donnée est intéressante en ce qu'elle confirme de manière indépendante l'exactitude générale des âges conventionnels des plombs mis en place dans le Bulawayen. La géochronologie des terrains anciens de la Rhodésie du Sud se présente donc comme suit :

2650 m.a. — pegmatites à Li, Ta, Be, Sn

Systeme Shamvaïen

? entre 2825 et 3040 m.a. — filons et lentilles
aurifères avec galène

Systeme Bulawayen

plus de 2980 — granite sebakwien

Systeme Sebakwien

Le mica lithique de Kubuta, classé anciennement (1955, p. 80/25, n° VIII, 5) dans le groupe d'âge VIII, sur la base d'une analyse par la méthode du strontium suivant une technique moins précise que celle qui est actuellement employée, a fait l'objet d'autres analyses qui, en utilisant la valeur recommandée pour la constante de désintégration du Rb^{87} conduisent à un âge apparent de 3210 m.a.

Il y a bon accord entre ce résultat et l'âge conventionnel du plomb de la galène de Rosetta Mine. Ces deux minéraux proviennent de la même grande région dont la haute antiquité géologique est ainsi confirmée.

Le rattachement de la lépidolite de Kubuta au granite post-Pongola a été mentionnée en 1955 (p. 81/26). Des précisions plus récentes semblent rendre cette origine plus douteuse, le granite de Kubuta étant séparé des véritables granites post-Pongola par une zone de failles [208b].

L'antiquité de la région du Tanganyika Territory

de laquelle provient la pegmatite à micas lithiques de Hombolo (anciennement n° XI, 1) n'est pas confirmée puisque la modification de la constante de désintégration de Rb^{87} ramène son âge apparent de 3250 m.a. à 2440 m.a. (voir p. 86).

2° Congo belge.

2b. *Galène de Kokosho II, près Kule Matundu, au N. de Bondo, Uele, Congo belge* (plomb commun [220])
 âge conventionnel : 3430 m.a.

Cette galène provient du « filon 7 » de la mine de Kule Matundu à environ 0,5 km de l'emplacement d'où provient la galène de Kokosho (n° XI, 2, 1955, p. 86/32). Elle confirme la grande ancienneté des plombs de cette région qui sont mis en place dans la formation de la Gangue reposant elle-même sur des formations antérieures très métamorphisées.

Plombs communs de constitution isotopique anormale.

Lorsqu'un plomb ordinaire a subi des adjonctions de plomb radiogénique, soit pendant sa première mise en place, soit pendant un remaniement ultérieur, il est enrichi en isotopes 206, 207 et éventuellement 208 par rapport à l'isotope non radiogénique 204 qui reste constant. Les rapports 206/204, 207/204 et 208/204 deviennent plus grands et le minéral acquiert une constitution isotopique d'aspect trop jeune pour son âge réel.

Dans certains cas, cette adjonction est suffisante pour que les rapports isotopiques conduisent à des âges négatifs ou « futurs ». Ces plombs anormaux sont alors facilement reconnaissables. Dans d'autres cas, l'adjonction de plomb d'urane (206 et 207) a été plus (ou moins) grande que celle de plomb de thorium (208) et un désé-

quilibre très marqué s'établit entre les rapports 206/204 et 207/204 d'une part et 208/204 de l'autre. Dans le cas où ce déséquilibre dépasse manifestement certaines limites entre lesquelles sont situés les rapports de la vaste majorité des plombs africains analysés, les plombs sont décelables comme étant anormaux. D'autres critères, permettant également de déceler semblables plombs, existent (voir p. 112).

Dans la liste qui suit, les noms des localités sont suivis de deux indications entre parenthèses : la première est l'âge conventionnel calculé de la même façon que pour les galènes normales des pages précédentes, la seconde est un âge conventionnel approximatif obtenu à partir d'un graphique montrant la relation du rapport 208/204 avec les âges conventionnels des plombs présumés normaux. Cette relation est pratiquement linéaire.

1. *Galènes diverses*

a) Ombonna 89, Otjiwarongo district, S. W. Africa [221]	(—)	(180)
b) Haute Fungwe, Katanga, Congo belge [128]	(—)	(300)
c) Chilwa, Nyassaland [128]	(—)	(30)
d) Palabala, près Matadi, Bas-Congo belge [222]	(0)	(200)
e) Air, Massif du Tarrouadji, Niger [136]	(170)	(—)
f) Kitaka Mine, Ankole, Uganda [128]	(200)	(500)
g) Dyasonsklip, Gordonias, S. Africa [221]	(360)	(950)
h) Commoner Mine, Gatooma, S. Rhodesia [128]	(425)	(2940)
i) Manono, N. Katanga, Congo belge [222]	(440)	(800)
j) Langlaagte 1693, Pietersburg Distr. 4484 ? S. Afrika [128]	(880)	(50)
k) Besakay, Tsaratanana, Madagascar [192]	(1750)	(750)
l) Ankisatra, Tsaratanana, Madagascar [145]	(1850)	(900)
m) Ambatomitsangana, Tsaratanana, Madagascar [145]	(1890)	(1400)
n) 18 miles W. of Fort Victoria, S. Rhodesia [128]	(2210)	(2890)
o) Keimos, Orange River Valley, Cape Prov. [123b]	(—)	(—)

2. *Galènes du Witwatersrand et du Ventersdorp, S. Africa*

a) Sub Nigel Mine Main Reef [107]	(—)	(—)
-----------------------------------	-------	-------

b) Sub Nigel Mine, Main Reef [202] (autre échantillon)	(—)	(350)
c) « Freddie » Basal Vaal = Bird Reef [202]	(—)	(3250)
d) Ventersdorp Contact Reef, S. Roodeport [224]	(560)	(3050)
e) (e') East Geduld Mine, Main Reef [128]	(880)	(2300)
(e'') East Geduld Mine, Main Reef [202]	(980)	(2600)
f) East Geduld Mine, Main Reef [179] (autre échantillon)	(840)	(2600)
g) C. M. R. Bird Reefs [223]	(1270)	(3200)
h) Ventersdorp, Contact Reef ; S. Roodeport [202]	(1400)	(3520)
i) Upper Monarch Reef (Upper Bird Reef, East Champ d'Or) [224]	(2280)	(3550)
j) Upper Monarch Reef Workings, East Champ d'or [224]	(2330)	(3250)
k) Monarch Reef, East Champ d'Or [224]	(2480)	(3450)

On constatera que, dans la plupart des cas, l'âge conventionnel est inférieur à cet âge approximatif déduit du rapport 208/204. En d'autres termes, la contamination des plombs communs par du plomb radiogénique s'est plus souvent effectuée par une adjonction plus forte (ou exclusive) de plomb d'urane que de plomb de thorium.

Dans la majorité des cas, le rapport 208/204 conduit donc à un âge conventionnel plus proche de l'âge véritable que l'âge conventionnel déduit des rapports 206/204 et 207/204. Pour les galènes de Langlaagte⁽¹⁾, du district de Tsaratanana (Madagascar) et celle du massif du Tarrouadji (Niger), c'est l'inverse qui est vrai.

Du groupe 1 des galènes anormales d'origines diverses, les deux galènes rhodésiennes (h et n) accusent par ce rapport 208/204 un âge conventionnel approximatif tout à fait en rapport avec leur localisation géologique dans les formations aurifères de la région. Elles sont donc très vraisemblablement à considérer comme contemporaines des galènes du groupe X,3 ayant subi une adjonction anormale de plomb d'urane.

(1) La localisation de cet échantillon est incertaine. Voir p. 46.

La galène de Dyasonsklip, Gordonia (*g*) provient d'un filon dans un granite gneissique du *Namaqualand* au voisinage de lambeaux du système de Kheis ; elle est située à environ 100 km. de l'uraninite de Bokspits (n° IV, 1) [225]. Son rapport 208/204 convient parfaitement à un plomb qui aurait même âge que cette uraninite.

Dans les cas précités, des galènes rhodésiennes et de Dyasonsklip (*1, g, h* et *n*), on ne peut faire plus que constater l'accord entre l'âge conventionnel approximatif déduit du rapport 208/204 avec, soit la position géologique du minéral, soit l'âge d'un minéral bien daté de la même région. Ces constatations conduisent à une présomption sérieuse de l'âge de la galène.

Il en est de même dans le cas de la galène de Manono (Congo belge) (n° 1 *i*) (voir p. 54).

Les trois galènes du district de Tsaratanana, *Madagascar*, ont déjà été mentionnées à la page 82. Le désaccord entre les rapports 206/204 et 207/204 d'une part, et 208/204 de l'autre, indique que leurs plombs ont une constitution isotopique anormale bien que les âges conventionnels (1750-1890 m.a.) soient plausibles sur des bases géologiques. Ce désaccord est beaucoup plus manifeste pour les deux galènes les plus « jeunes » (Besakay et Ankisatra) que pour celle d'Ambatomitsangana. Le relativement bon accord entre les trois âges conventionnels déduits des rapports 206/204 et 207/204 contraste avec la dispersion des indications fournies par le rapport 208/204. Ce fait permet de penser que ces plombs sont anormaux par suite d'une adjonction presque exclusive de plomb 208. S'il y a eu adjonction de plomb d'urane, il semble qu'elle ait été faible. On peut donc penser que l'âge conventionnel du plomb de la galène d'Ambatomitsangana, dans laquelle cette adjonction éventuelle est la plus faible (à la fois parce que l'âge conventionnel est le plus élevé et parce que le désaccord entre cet âge et l'indication fournie par le rapport 208/204

est le moins grand) n'est pas très éloigné de l'âge vrai de ce plomb.

La galène de Palabala, *Bas-Congo belge (d)* n'est pas nécessairement anormale si on se base sur la comparaison des deux âges conventionnels indiqués. L'anomalie est détectée par les valeurs inhabituelles des rapports isotopiques et par la comparaison avec la galène voisine de la Mia (1955, p. 72/16, n° III, 14e).

Le cas de la galène de Bukanda, *Northern Rhodesia*, qui pourrait être anormale, a été discutée p. 40.

Quant à celle de l'Aïr, Massif de Tarrouadji, *Niger*, si son âge conventionnel n'est pas nécessairement inexact, la valeur de son rapport 208/204 paraît indiquer qu'elle a subi une adjonction anormale de plomb 208.

Dans le cas du *groupe 2* de galènes anormales, toutes des systèmes du Witwatersrand et de Ventersdorp, *Un. S. Africa*, on dispose d'une assez longue série de galènes à plombs anormaux. Dans ce cas, les âges les plus probables de ces plombs, tous enrichis en 206 et 207 par rapport au 208, seraient les âges conventionnels approximatifs tirés de 208/204 ; en particulier, si plusieurs plombs ont presque le même âge conventionnel approximatif et si celui-ci est supérieur à celui des autres plombs, il constitue une bonne approximation de l'âge de ces plombs [207].

C'est le cas des galènes du Witwatersrand dont les plombs ont, pour la plupart, un âge déduit du rapport 208/204 compris entre 3050 et 3550. Le rapport 208/204 moyen de ces plombs est 32.78 à comparer à celui des plombs des galènes de Kokosho et Kokohso II, *Congo belge*, et Rosetta Mine, *Un. S. Africa*, qui est 32.75. Les âges conventionnels de ces derniers plombs normaux, sont voisins de 3350 m.a. L'âge du plomb des galènes du Witwatersrand est donc de 3350 m.a. environ et il paraît dérivé du même soubassement ancien que celui

qui contient les filons et lentilles de Rosetta Mine [207].

Pour quatre de ces galènes (2, *d*, *i*, *j*, *k*) on possède des renseignements géologiques précis indiquant qu'elles proviennent de zones très faillées et se trouvent en lentilles et filons de quartz avec chalcopyrite et blende [224].

QUELQUES REMARQUES

Le nombre de mesures chronologiques continue à croître de manière impressionnante puisque du 1^{er} septembre 1954 au 1^{er} juillet 1956 il a doublé. Il y a à présent plus de 320 mesures, relatives à environ 230 gisements.

Par rapport à la situation de 1954, il faut enregistrer un progrès notable du nombre d'analyses complètes par la méthode du plomb puisqu'il y a 39 gisements différents faisant l'objet de 68 analyses par cette méthode ; de nombreuses autres sont en train.

Un autre aspect encourageant est le fait qu'à présent les mesures d'âge s'étendent à la plus grande partie de l'Afrique : les seules régions importantes pour lesquelles aucun résultat n'est parvenu à notre connaissance sont d'une part le N.E. du continent : Libye, Égypte, Soudan, Abyssinie, et d'autre part l'Angola qui n'est représenté que par une mesure provisoire par la méthode de l'hélium. Toutefois des minéraux de granites précambriens égyptiens sont en voie d'étude [227].

Le progrès des *corrélations* qui peuvent être déduites des seules données géochronologiques n'est pas parallèle à l'accroissement du nombre des mesures.

Celles-ci sont encore, dans la plupart des cas, obtenues sur des minéraux filoniens et pegmatitiques qui peuvent être largement postérieurs aux terrains encaissants. En particulier tous les âges ayant une grande précision proviennent de filons ou de pegmatites. On date ainsi des minéralisations, des venues hydrothermales ou pegmatitiques mais on n'obtient que des limites jeunes pour les terrains.

Notre compilation actuelle inclut cependant quelque

résultats obtenus sur minéraux des granites : zircons, micas ou feldspaths, toutefois ces résultats ont généralement été obtenus, soit par une méthode peu précise (Pb/a), soit par des méthodes encore jusqu'à ces derniers temps en voie d'expérimentation (argon, strontium). Le développement de techniques extrêmement sensibles permettant des analyses isotopiques sur des quantités minimales de plomb et les progrès des méthodes de l'argon et du strontium font envisager pour bientôt l'obtention d'âges de minéraux granitiques en plus grand nombre.

A ces méthodes il convient d'ajouter celle des halos pléochroïques dont les derniers développements permettent d'espérer une grande utilité dans certains domaines [228].

Ainsi que nous l'avons écrit en 1955 (p. 88/33-34), les mesures d'âge effectuées jusqu'ici datent pour la plupart « les phases tardives ou finales des cycles géologiques successifs » et « dans certains cas on ne connaît que ces activités plutoniques ou hydrothermales finales sans les autres éléments caractéristiques d'un cycle orogénique typique ».

La datation des granites permet d'obtenir l'âge de phases plus anciennes de ces cycles, mais même ce stade, proche, ne résoudra pas, par les seuls moyens géochronologiques, les problèmes de corrélation dans les terrains azoïques. Seule la possibilité de dater les terrains sédimentaires et volcaniques non métamorphisés réaliserait ce but.

En attendant, la géochronologie fournit des arguments puissants en faveur de certaines corrélations et interdit plusieurs rapprochements qui avaient été formulés antérieurement.

Au surplus ce serait une erreur que de restreindre le rôle de la géochronologie à l'établissement de corrélations. Indépendamment de ses buts chronologiques proprement dits, elle, et d'une manière plus générale,

la géologie isotopique peut apporter des lumières dans un autre domaine qui intéresse les Services géologiques africains, celui de la métallogénie.

Cycles géologiques successifs.

L'accroissement du nombre des données permet d'établir une figure qui rend compte de la succession des cycles et de leur corrélation entre diverses « régions » plus ou moins arbitrairement délimitées.

Ont été éliminés de cette figure les plombs communs anormaux ou repris, les âges non corrigés (analyse chimique seule), les âges A^{40}/K^{40} sur feldspaths potassiques et les résultats n'ayant plus qu'une valeur historique. Nous n'y avons pas fait figurer non plus les données sur les uraninites du Witwatersrand.

Dans l'état actuel des connaissances, la majorité des mesures concerne l'Afrique australe et l'Afrique équatoriale. Ces deux régions ont en commun un grand nombre de cycles précambriens.

Pour l'ensemble de l'Afrique, la géochronologie permet de déceler 11 cycles successifs brièvement énumérés ci-dessous. Les caractéristiques de la plupart de ces cycles ont été données dans notre étude précédente (1955, pp. 88/33-90/36).

< 50 m.a., *cycle alpin (sensu lato)*. — Il se manifeste, comme chacun sait, en Afrique du Nord.

230-255 m.a., *cycle hercynien*. — Il a été décelé géochronologiquement en Afrique du Nord et à Madagascar ; seuls des âges non corrigés ou conventionnels ont été obtenus jusqu'ici.

400 m.a., *cycle ordovicien*. — Un cycle ordovicien est bien mis en évidence dans le nord de la Rhodésie du Sud (gneiss de Miami). Il est actuellement incertain

si les terrains eux-mêmes appartiennent au Paléozoïque ou si le métamorphisme et les manifestations pegmatitiques et hydrothermales se sont exercées sur des terrains plus anciens.

Les galènes de 310-350 m.a. au Congo occidental et celles de même âge de Madagascar sont peut-être à mettre en rapport avec ce cycle.

485 m.a., cycle cambrien inférieur. — Ce cycle, connu par des manifestations plutoniques à Madagascar et en Afrique orientale dans la chaîne du Mozambique, est actuellement décelé à Lundazi, en Rhodésie du Nord, près de la frontière du Nyasaland et, semble-t-il, en Nigéria où une des venues granitiques classées dans le Younger granite semble lui appartenir ou être un peu plus jeune que lui.

620 m.a., cycle katanguien. — Celui-ci, déjà très répandu en Afrique équatoriale spécialement se retrouve à présent au Cameroun et en Afrique occidentale. Au Togo et en Union Sud-Africaine, des galènes de 530-540 m.a. peuvent lui appartenir ou appartenir à une phase intermédiaire entre le cycle katanguien et le cycle cambien inférieur. Il n'existe cependant jusqu'ici aucun âge *précis* de 530-540 m.a.

875-900 m.a. — Un nouveau cycle, défini par un très bon âge, celui de la pegmatite de Goodhouse, paraît se faire jour. Sa signification géologique est encore incertaine.

1040 m.a., cycle karagwe-ankoléen. — Nous avons (1955, p. 88/34) attribué le nom de cycle de Gordonnia à un cycle à peu près de cet âge (1025 m.a.) et d'autre part le cycle karagwe-ankoléen avait été provisoirement daté de 1200-1400 m.a. Il apparaît maintenant (voir p. 48) que cycle karagwe-ankoléen et cycle de Gordonnia sont contemporains et le premier nom doit être

maintenu puisque le cycle est connu de manière complète en Afrique centrale, alors que seules des pegmatites peuvent lui être attribuées avec certitude en Afrique australe.

Dans l'intervalle, d'une durée de près de 1000 m.a., qui sépare le cycle karagwe-ankoléen du cycle du Limpopo, aucun âge certain n'a encore été enregistré, deux ou trois cycles pourraient être représentés : 1) 1250-1300 m.a. ; 2) 1650-1700 m.a. et 3) 1750-1950 m.a.

Le premier groupe d'âge correspond à une limite jeune peu certaine pour le système du Mayumbe (A.E.F. et Congo belge) et intéresse des minéralisations mises en place dans les gneiss de Wankie dont on a écrit qu'elles pouvaient être un équivalent du Shambaïen [143].

Le deuxième groupe d'âge intéresse le Précambrien I du Maroc. Le troisième constitue une limite jeune pour le Kibalien du N.E. du Congo belge et pour le groupe de Maevatanana à Madagascar. Il intéresse également le « Buganda system » de l'Uganda.

Que ce soit par suite des conditions de leur mise en place, par le caractère imprécis des datations, ou pour les deux causes réunies, aucun de ces minéraux ne définit encore avec *certitude* un cycle, mais on le voit, les terrains ne manquent pas qui pourraient trouver place dans cet immense laps de temps.

Le système du Witwatersrand semble également lui appartenir puisqu'il paraît être compris entre 1100 et 2000 m.a.

2000 m.a., cycle du Limpopo. — Celui-ci, défini précédemment (1955, p. 89/75) dans une région assez limitée, paraît être représenté dans une région beaucoup plus vaste de l'Afrique australe (Sud de la Rhodésie du Sud et nord-est de l'Union Sud-africaine).

Peut-être ce cycle est-il représenté en Afrique occidentale (pegmatite de Grabo, 1950 m.a.).

Un nombre assez élevé d'âges conventionnels ou apparent est groupé autour de 2175-2200 m.a. Peut-être pourra-t-on bientôt envisager séparément un cycle de cet âge qui, en Afrique occidentale, pourrait correspondre au Birrimien. Toutefois il serait souhaitable qu'il fut défini autrement que par des âges conventionnels (voir discussion p. 79 et suiv.). Des âges apparents analogues sont connus dans l'est du Congo où il pourrait s'appliquer au groupe de la Ruzizi et sa prolongation sud-orientale (Ubendien). Ce point est en cours de vérification.

2650 m.a., cycle shamvaïen. — Ce cycle, un des mieux définis, n'est encore connu avec certitude que dans les deux Rhodésies et surtout en Rhodésie du Sud.

2800 m.a.-3100 m.a. — Dans cet intervalle, se place sûrement un cycle, peut-être deux.

Les minéraux des Sula Mountains Schists (Sierra Leone) forment un groupe bien concordant d'âge un peu supérieur à 2900 m.a. et définissent un cycle antérieur au Birrimien, mais peut-être postérieur au Dahomeyen non encore daté. Le Bulawayen de Rhodésie du Sud comme sans doute le Nyanzien de l'Est africain peuvent faire partie de ce cycle, mais il est parfaitement possible qu'ils soient un peu plus jeunes : 2825 m.a.

3200-3400 m.a. — Plusieurs âges conventionnels ou apparents compris entre 3200 et 3400 m.a. sont connus. Malheureusement, aucun d'entre eux n'est suffisamment précis pour établir sans discussion possible l'âge d'un ou deux cycles. Néanmoins le fait que ces âges soient obtenus dans des terrains qui sont les plus anciens de leurs territoires respectifs, et que l'ordre de grandeur de ces résultats est très constant, fait penser que

l'existence d'un cycle vers 3300-3350 m.a. est très probable. Il est décelé dans le nord du Congo belge et en Afrique australe (Swaziland et Transvaal). En Rhodésie du Sud, un âge argon de 3000 m.a., vraisemblablement trop faible, pourrait peut-être témoigner de son existence. On peut donc classer parmi les plus anciennes formations africaines : des terrains du Congo septentrional rattachés à la Formation du Nil occidental, les séries de Fig Tree et d'Onverwacht du Swaziland et de l'est du Transvaal et sans doute le Sebakwien de Rhodésie. A ce groupe de terrains très anciens, il faut ajouter le Dahomeyen s'il est antérieur aux Sula Moutains Schists.

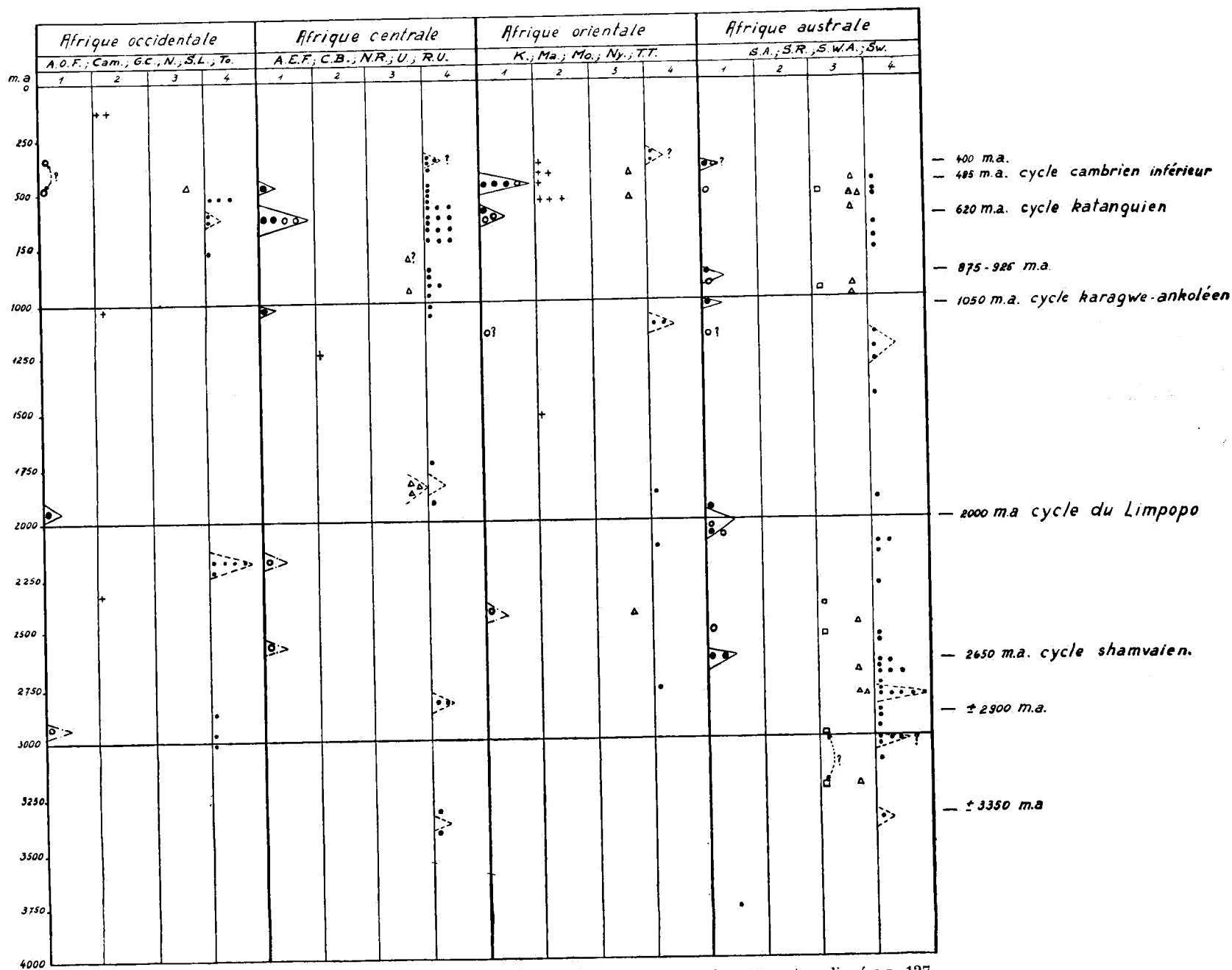
Par suite de la modification de la valeur adoptée pour la constante de désintégration du Rb⁸⁷, le mica de Hombolo ne fait plus partie de ce groupe très âgé et il n'y a plus d'indication géochronologique soutenant le grand âge présumé du Dodomien du Tanganyika Territory.

En tout, 7 cycles précambriens, 3 cycles paléozoïques et 1 cycle postérieur paraissent pouvoir être identifiés avec quelque certitude.

Par rapport à la succession définie dans notre travail antérieur, on notera l'introduction, encore un peu timide, de nouveaux cycles vers 875-900 m.a. et vers 2175-2200 m.a., cependant que les deux anciens cycles de 1025 et 1200-1400 m.a. sont actuellement réunis en un seul vers 1040-1050 m.a.

Le cycle probable vers 3300-3400 m.a. était déjà connu, mais l'obtention d'un nouvel âge conventionnel et d'un âge apparent plus sûr lui donne actuellement une consistance plus grande.

Plusieurs cycles déjà connus localement sont, à présent, rencontrés plus largement à travers le continent.



Les abréviations qui ont été utilisées pour les noms de pays sont expliquées p. 127

Pour chaque région de l'Afrique :

- la colonne 1 indique les résultats obtenus par la méthode du plomb : points noirs pour les résultats concordants, points blancs pour les résultats discordants ou obtenus par le seul rapport 207/206 ;
- la colonne 2 indique les résultats obtenus par la méthode Pb/a, principalement appliquée aux zircons ;
- la colonne 3 réunit les résultats obtenus par la méthode de l'argon (carrés) et du strontium (triangles) ;
- la colonne 4 indique les âges conventionnels obtenus par la méthode du plomb commun.



**Apparition d'âges paléozoïques ou plus récents,
en diverses régions d'Afrique.**

Un élément important qui ressort de notre compilation est l'apparition, en diverses régions d'Afrique, d'âges indiquant au moins l'existence de minéralisations et de pegmatites paléozoïques et peut-être plus récentes.

Ces âges se répartissent en Afrique du Nord, ce qui est naturel, le long de la côte ouest-africaine (*Younger Granites*, minéralisation plombifère du Bas-Congo), le long de la côte est-africaine (pegmatites du Cambrien inférieur de Madagascar et de la chaîne du Mozambique, manifestations hercyniennes et plombs de 310-350 m.a. de Madagascar) et, plus à l'intérieur du continent, minéraux des gneiss de Miami de 400 m.a.

Ces données géochronologiques viennent s'ajouter aux terrains paléozoïques déjà connus (Système du Cap, Système de Nachipere, Formation de la Bilati, pour indiquer que la grande lacune comprise entre 600 m.a. environ et la fin du Carbonifère, qui existe dans nombre de régions de l'Afrique et notamment de l'Afrique sud-saharienne pourrait un jour être comblée.

**Brève comparaison des résultats obtenus
par différentes méthodes.**

Près de 70 minéraux ont fait l'objet d'analyses chimiques et isotopiques (méthode du plomb, complète) avec éventuellement application de la méthode de RaD et du ThB. Parmi eux, 11 ont trois ou quatre rapports concordants à environ 5 % près, ce sont :

- 400 m.a. — Bétafite d'Urungwe ;
- 485 m.a. — Thorianites de Betroka et de Soafia ;
Samarskite de Tura ;

- 620 m.a. — Pechblendes de Shinkolobwe et de Luishya ;
Uraninite de Morogoro ;
- 875 m.a. — Monazite de Goodhouse ;
- 1040 m.a. — Uraninite de Bokspits, Gordonia ;
- 1940 m.a. — Concentré radioactif de Beitbridge ;
- 2060 m.a. — Thorianite de Loolekop ;
- 2650 m.a. — Monazite d'Ebonite Tantalum Claims.

Il en résulte que 7 cycles paléozoïques et précambriens sont repérés par des âges excellents. Il existe encore 6 âges pour lesquels trois ou quatre rapports isotopiques sont concordants à environ 10 % près. Ces âges sont encore très bons. Le contrôle éventuel par le rapport 210/206 augmente encore la confiance qu'on peut leur accorder.

Une catégorie encore digne de confiance, bien qu'un peu moins sûre, est celle des âges déduits du rapport 207/206, que celui-ci soit obtenu sur des minéraux pour lesquels les trois ou quatre rapports isotopiques sont divergeants de plus de 10 % ou soit celui de minéraux qui ont subi la seule analyse isotopique. Ce rapport conduit à des âges imprécis pour les minéraux jeunes (plus jeunes que 500 m.a.).

Les analyses chimiques seules, conduisent à des âges non corrigés, qui sont en général des âges provisoires, de minéraux pour lesquels l'analyse isotopique est en cours. Ces âges non corrigés sont fréquemment gravement inexacts soit par défaut (perte de plomb dans le minéral), soit par excès (perte d'uranium ou de thorium ou présence de plomb commun en quantités notables).

Les âges de zircons par la méthode Pb/ α ont sur les âges non corrigés l'avantage marqué d'être peu influencés par la présence de plomb commun, mais sont sensibles à une perte de plomb, de sorte que ces âges apparents sont fréquemment trop bas (cf. par exemple les n^{os} II, 11a à d dont les âges apparents sont 390 à 455 m.a. pour des âges réels voisins de 485 m.a.).

Pour la méthode de l'argon, le tableau ci-après réunit les données comparatives suivantes : pour chaque roche, la colonne 2 renseigne des âges de comparaison (en caractères gras s'il s'agit de minéraux provenant de la même roche, en italiques s'il s'agit de minéraux du même essaim de pegmatites et en caractères ordinaires s'il s'agit de données faisant intervenir une corrélation géologique) ⁽¹⁾, les colonnes 3 et 4 fournissent respectivement les résultats par la méthode de l'argon avec deux valeurs du rapport d'embranchement ; $R = 0.118$ qui a été adopté dans ce travail et $R = 0.089$ qui avait été utilisé dans notre rapport de 1955.

1 Roche	2 Age par autre méthode	3		4	
		Argon R = 0.118	(Mica) R = 0.089	Argon R = 0.118	(Feldspath) R = 0.089
1. Granite du Cap	> 510 (207/206) 620 (Sr/Rb)	530	620	180	217
2. Pegmatites du Kenya	485 (Pb. complet) ou 620 (id.)	—	—	410 à 470	485 à 560
3. Pegmatite de Manono	1040 (Pb. complet)	—	—	505	600
4. Pegmatite de Lugusha	1040 (id. id.) > 880 (Pb. commun)	—	—	565	675
5. Jakkalswa- ter	1040 (Pb. complet) 955 Sr/Rb	965	1125	545	660
6. Pegmatite E. Kono- ngo	plus jeune que 2190 (Pb. com- mun) peut-être 1950 (Pb. com- plet)	—	—	1645	1850
7. Pegmatite Beitbridge	2000 (Pb. complet)	—	—	1560	1880
8. Pegmatite Pope Mine	2510 ± 100 (207/ 206) 2650 (Pb. complet)	± 2410 ± 150	± 2660 ± 150	—	—
9. Pegmatite Bikita	2650 (Pb. complet)	± 2550 ± 150	± 2820 ± 150	—	—
10. Granite, riv. Sebak- we	> 2650 (Pb. com- plet) et que Ga- lènes de 2825 (Pb. commun)	> 2980 (R = 0.118),	3240 (R = 0.089)		

(1) Ces mêmes conventions valent aussi pour les deux tableaux suivants.

Ce tableau illustre le fait déjà mentionné p. 12 que le rapport A^{40}/K^{40} des micas conduit à des âges apparents beaucoup meilleurs que ceux résultant du rapport A^{40}/K^{40} des feldspaths qui pour une même roche est toujours plus faible que le premier.

Cette comparaison, limitée aux données africaines encore rares qui permettent une confrontation, ne permet pas de confirmer de manière évidente sur cette seule base le choix de $R = 0.118$ lequel résulte de comparaisons plus nombreuses et plus précises sur une douzaine de micas de pegmatites datées, principalement américaines. Pour trois micas africains sur quatre la coïncidence est cependant légèrement meilleure pour $R = 0.118$. Par contre, la valeur $R = 0.089$ fournit parfois des âges meilleurs en ce qui concerne les feldspaths, ce qui est normal puisque cette valeur a été obtenue en comparant le rapport A/K de feldspaths potassiques à des âges obtenus par la méthode du plomb.

Le tableau fait toutefois ressortir un fait curieux et non encore expliqué : Dans la chaîne Kibara-Karagwe-Ankole de 1040 m.a. comme dans la région de la rivière Orange, les feldspaths de pegmatites qui ont environ 1000 m.a. ont des rapports A/K à peu près semblables et conduisant à des âges apparents trop faibles, de 505 à 565 m.a. (avec $R = 0.118$) ou de 600 à 675 m.a. (avec $R = 0.089$). Cette constance apparente dans la perte d'argon est surprenante et devrait être vérifiée. Une interprétation géologique de ce phénomène a été suggérée antérieurement (1955, p. 75/19) à titre d'hypothèse.

La valeur $R = 0.089$ fournissant pour les feldspaths des âges apparents souvent plus proches de l'âge réel que ceux qui résultent de l'emploi de la valeur $R = 0.118$, il peut être utile de donner ici, à titre d'indication, les âges apparents des feldspaths non repris dans le tableau ci-dessus et pour lesquels aucun point de comparaison n'est actuellement connu.

	âge apparent (m.a.)	
	R = 0.118	R = 0.089
11. Boma	470	560
12. Cap Mlonga, Lac Tanganyika	765	890

Les âges apparents mentionnés dans la deuxième colonne sont soit voisins de l'âge exact, soit encore trop faibles.

En conclusion, il semble que l'adoption du rapport d'embranchement $R = 0.118$ conduise à des âges apparents satisfaisants pour les micas. Les âges apparents obtenus avec la même valeur sur les feldspaths sont trop faibles dans la grande majorité des cas connus et pour tous les feldspaths africains analysés. Ce fait est attribué à ce que l'argon est moins bien retenu par le second minéral que le premier. Des âges plus satisfaisants peuvent être obtenus sur feldspaths avec la valeur $R = 0.089$, mais ce procédé est tout empirique et, ainsi, que le montre notre tableau, il ne rétablit pas l'âge exact dans tous les cas.

Une comparaison analogue des âges apparents obtenus par la méthode Rb^{87}/Sr^{87} est effectuée au tableau suivant :

1	2	3
Roche	âge par autre méthode	Rb^{87}/Sr^{87} $\lambda = 1.39 \cdot 10^{-11} a^{-1}$
1. Granite du Cap	> 510 (207/206 ; 530 A/K)	620
2. Pegmatite de Sahatany	620 (207/206)	530
3. Pegmatite de Alto Ligonha	490 (âge non corrigé) ou 650 (Pb complet et corrél. géologique)	435
4. Pegmatite de Kinderzitt	1040 (Pb complet et corrél. géol.)	990
5. Pegmatite de Jakkalswater	1040 (Pb complet et corrél. géol.) 965 A/K	955
6. Pegmatite de Muika	1040 (Pb complet et corrél. géol.)	945
7. Pegmatite de Ruhuma	1040 (Pb complet et corrél. géol.)	805
(considéré comme imprécis)		
8. Pegmatite de Pope Mine	2510 ± 100 (207/206) ; 2650 (Pb complet)	2810
9. Pegmatite de Bikita	2650 (Pb complet)	2530 2685 2710
10. Pegmatite de Forfar	2650 (Pb complet)	2490
11. Pegmatite de Kubuta	3345 (Pb commun, corr. géol. ?)	3210

On constatera que les correspondances indiquées sont assez satisfaisantes si la valeur $\lambda = 1.39.10^{-11}$ par année pour la constante de désintégration du Rb^{87} est adoptée. Il y a lieu toutefois de remarquer que la plupart des résultats obtenus proviennent d'un seul laboratoire et que plusieurs des âges de comparaison sont obtenus par corrélation géologique. Des 13 résultats de la colonne 3, 9 sont par défaut et 4 par excès. Les écarts sont en général de 5 à 10 % de l'âge de référence.

Une excellente valeur de l'âge apparent : 2693 m.a. (qui devient 2247 avec $\lambda = 1.39.10^{-11}/a$) a été obtenue pour la pegmatite de Pope Mine, par un autre laboratoire en utilisant $\lambda = 1.16.10^{-11}/a$. L'adoption de cette valeur pour tous les âges de la colonne 3 aurait pour effet de les augmenter considérablement, de telle manière que même pour les âges apparents qui avec $\lambda = 1.39.10^{-11}/a$ sont approchés par défaut, le nouvel écart par excès, serait beaucoup plus considérable que l'ancien par défaut. Il y aurait cependant une amélioration dans deux cas.

De cette discussion on peut conclure que les données africaines paraissent soutenir la valeur $\lambda = 1.39.10^{-11}/a$ ou une valeur proche.

Même si on doit encore être un peu réservé quant à la valeur exacte de la constante de désintégration de Rb^{87} les travaux extrêmement précis qui ont abouti à recommander la valeur : $\lambda = 1.39.10^{-11}/a$ ont considérablement amélioré la méthode qui conduit actuellement au moins à un ordre de grandeur acceptable dans presque tous les cas.

Le grand nombre, plus de 150, d'analyses isotopiques de plombs communs africains permet d'examiner de plus près la validité de cette méthode.

Pour 144 minéraux de plomb (galènes pour la plupart) de gisements différents ayant fait l'objet de 165 analyses, 24, soit un peu plus de 16 %, ont subi une adjonction

anormale de plomb radiogénique qui en a altéré la signification géochronologique. Un grand nombre de ces plombs anormaux proviennent du Witwatersrand et il est probable que tous les plombs communs du Witwatersrand sont plus ou moins anormaux. Si on les compte pour une unité, la proportion de plombs anormaux de ce type est ramenée à 11 %. Les plombs qui ont subi une reprise sont plus difficiles à déceler et ne le sont de manière certaine que par une connaissance indépendante de l'âge des terrains dans lesquels ils se trouvent. Des 144 gisements dont au moins un plomb a été analysé, 19 (soit 13 %) sont certainement reprécipités et 10 (soit 7 %) peut-être. Au total 20 % environ sont ou peuvent avoir subi une reprise.

Une étude spéciale de plombs nord-africains conduite dans le but de reconnaître de nombreux cas de reprise a largement augmenté le nombre de ces plombs de sorte qu'en considérant à part cette région la proportion de plombs repris pourrait être plus faible dans le reste de l'Afrique.

Quoi qu'il en soit, de 30 à 35 % de tous les plombs africains sont inutilisables ou suspects du point de vue de leur utilisation géochronologique. De ces 30 à 35 %, la moitié environ peut être décelée par l'examen des données de l'analyse isotopique, la détection des autres dépend de considérations statistiques ou de la connaissance géologique.

En ne considérant que les 65 à 70 % de plombs communs qui paraissent pouvoir être utilisés pour la géochronologie, on peut dresser le tableau suivant montrant les cas où la comparaison est possible avec des âges obtenus par d'autres moyens :

1 Formation traversée par les venues plombifères	2 Ages de référence (m. a.)	3 Ages conventionnels (m. a.)
1. Afrique du N. dans Crétacé in- férieur		50-90
2. Younger granites Afrique occiden- tale (1)	? 485 (207/206)	540-640
3. Granite du Cap	> 510 (207/206)	310 ± 450
4. Katanga	605-620 (Pb complet)	600 (moyenne de 6 mesures de 510 à 690)
5. Kibara-Urundi	1040 (Pb complet)	905 (moyenne de 4 mesures de 850 à 960)
6. Birrimien	1950 (Pb complet) ou plus ancien	2190 (moyenne de 5 mesures de 2160 à 2220)
7. Shamvaïen	2650-2680 (Pb com- plet)	2710 (deux mesures chacune = 2710)
8. Sula Mountain Schists	2940 (207/206)	2955 (moyenne de 3 mesures de 2890 à 3020)
9. Bulawayen	entre 2650 et 3000 env.	2825 et/ou 3040 (moyennes de nombreuses mesures)
10. Swaziland	3210 (Rb ⁸⁷ /Sr ⁸⁷ corrél. géol. ?)	3345 (Rosetta Mine moyenne de deux analyses)

D'autre part voici des exemples de reprise :

Mibladen, Maroc dans Lias :	430 m.a.
Doornhoek 32, Marico District, dans Transvaal System d'âge inconnu mais plus récent que 2000 m.a. :	2310 m.a.

Et enfin les exemples suivants illustrent le cas des plombs anormaux ayant subi une forte adjonction de plomb radiogénique :

		206/204	207/204	208/204	âge con- ventionnel
Sub Nigel,	Witwatersrand :	58.94	24.10	40.19	(négatif)
East Geduld,	» :	18.48	16.32	35.00	880 m. a.
C. M. R.	» :	17.14	15.81	33.11	1270 m. a.
East Champ d'Or, Monarch Reef.	» :	14.20	14.80	32.54	2480 m. a.

(1) Il y a peut-être plusieurs « Younger granites ».

Ces analyses et les âges conventionnels qui en dérivent illustrent un critère déjà mentionné [124] qui contribue à permettre de distinguer ces plombs anormaux à forte adjonction de plomb radiogénique : c'est la grande dispersion des rapports isotopiques et des âges conventionnels de plombs d'une même mine, ou d'une même région minéralisée (voir p. 14).

ANNEXE

Âges modifiés par rapport à notre publication antérieure.

Ce tableau, classé par pays, ne reprend que les âges ayant subi une modification de plus de 25 m.a. Les tableaux I à IV donnent les résultats analytiques comprennent en outre un certain nombre de résultats modifiés de 25 m.a. ou moins.

Dans le cas où, par suite du changement d'âge, le numéro d'ordre du minéral a dû être modifié, deux numéros sont indiqués, l'ancien est mis entre parenthèses. Parfois, à défaut d'un nouveau numéro, seul un nouveau groupe d'âge a été indiqué, en attendant certaines confirmations.

En ce qui concerne les *feldspaths potassiques*, nous indiquons comme « Age publié dans ce travail » l'âge apparent obtenu au moyen de la valeur $R = 0.118$. Il peut être moins bon que l'ancien, publié en 1955, obtenu avec la valeur $R = 0.089$ (voir p. 109).

N°	Localité et nom du minéral	Age publié en 1955	Age publié dans ce travail
<i>Congo belge</i>			
III.19c	Boma, feldspath potassique	560	470
III.19b	Lugusha, id.	675	565
III.19a	Manono, id.	600	505
(V3) = IV.12	Mitwaba, « Yttrocrasite »	entre 1190 et 1660	1040
IV.9	Mlonga (Cap), feldspath potas- sique	890	765
(V4) = IV.	Muika, lépidolite	1215	945
<i>Gold Coast</i>			
VI.4	Konongo, feldspath potassique	1850	1645
<i>Kenya</i>			
II.7a	Kinyiki Hill, feldspath potassique	485	410
II.7b	Tsavo, id.	560	470
II.7c	Ussusu, id.	550	465
<i>Madagascar</i>			
III. 8	Sahatany, mica lithique	690	550
<i>Maroc</i>			
VI.5	Tirgharghrine, mica	1860	1655
<i>Moçambique</i>			
III. 9	Alto Ligonha, mica lithique	570	435
<i>Nigeria</i>			
(III.10) = II ?	Dogon Daji, mica lithique	625	475
<i>Northern Rhodesia</i>			
IX.3	Lusemfwa (Irumi), monazite	2620	2560
<i>Ruanda-Urundi</i>			
VIII.4	Runinya, monazite	2275	2190
<i>Southern Rhodesia</i>			
IX.7h	Bikita Quarry, lepidolite	3160	2710
(III.4) = I.13	Miami (près), columbo-tantalite	615	?400
IX.6	Pope Tantalum Mine, lepidolite	2610	2410
IX.7j	Pope Tantalum Mine, lepidolite	3740	2810
<i>South West Africa</i>			
III.11d-f	Karibib (distr.), lepidolites	600-670	475-550
IV.4b	Kinderzitt (Umeis), id.	1210	990

N°	Localité et nom du minéral	Age publié en 1955	Age publié dans ce travail
<i>Tanganyika Territory</i>			
(XI ₁) = IX ?	Hombolo, lepidolite	3250	2440
<i>Uganda</i>			
IX.8b = VI	Lunya, lepidolite	2340	1870
IX.8a = VI	Mbale, id.	2370 et 2460	1825 et 1880
IV.8c = VI	Nampeyo Hill, id.	2580	1845
(V.5) = IV	Ruhuma (Kigezi), lepidolite	1060	805
<i>Union of South Africa</i>			
(IV.7) = An	East Geduld Mine, galène	890	anormal
(V.12) =			
VIII.10b	Groenvlei 610, id.	1850	1910
IV.4c	Jakkalswater, lepidolite	1100	955
(VI.1) = An	Langlaagte 1693 ⁽¹⁾ ?, galène	1660	anormal
(X14) = IX			
ou X	Letaba, lepidolite	3850	2815
(IV.6) =			
VIII.10a	Stavoren ⁽¹⁾ ? galène	880	2010

(¹) Tenir compte de la confusion entre ces deux galènes (voir, p. 46).

RÉFÉRENCES ET NOTES

103. A. HOLMES et L. CAHEN, 1955. Association des Services géologiques Africains, Réunion de Nairobi (7-11 septembre 1954). *C. R. et Communications*, 59-95 ; texte anglais : *Col. Geol. and Min. resources*, **5**, n° 1, 3-39.
104. L. H. AHRENS, 1956. Radioactive methods for determining geological age, *in* *Physics and Chemistry of the Earth. A Progress series*, I, 44-67, Pergamon Press, London.
- 104b. J. T. WILSON, R. D. RUSSELL and R. M. FARQUHAR, 1956. Radioactivity and age of minerals, *in* *Encyclopedia of Physics*, **47**, Geophysics, I, 288-363.
105. B. GILETTI and J. L. KULP, 1955. *American Mineralogist*, **40**, n° 5-6, 481-496.
106. W. R. ECKELMANN and J. L. KULP, 1955. *Bull. Geol. Soc. America*, **66**, 767-768.
107. J. E. T. HORNE and C. F. DAVIDSON, 1955. *Bull. Geol. Surv. Gt. Brit.*, n° 10, 58-73.
108. L. H. AHRENS, 1955. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **7**, n° 5/6, 294-300 et **8**, n° 1/2, 1-15.
- 108b. G. W. WETHERILL, 1956, *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **9**, n° 5/6, 290-292, et *Trans. Am. Geoph. Union*, **37**, n° 3, 320-326.
- 108c. G. R. TILTON, 1956. *Trans. Am. Geoph. Union*, **37**, n° 2, 224-230.

109. L. O. NICOLAYSEN, 1957. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **11**, n° 1/2, 41-59.
- 109b. L. R. STIEFF and T. W. STERN, 1956. Proceedings of the International Conference on the Peaceful uses of Atomic Energy, **6**, 540-546, United Nations, New York.
110. L. H. AHRENS, 1955. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **8**, n° 5/6, 299.
111. G. PHAIR and H. LEVINE, 1953. *Econ. Geology*, **48**, n° 5, 358-369.
112. F. G. HOUTERMANS, 1951. *Sitzungsber. Heidelberger Ak. Wiss. ; Math.-Naturw. Klasse*, **2**, 123-136.

112. P. EBERHARDT, J. GEISS, H. R. VON GUNTERN, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER, 1956. *Bull. Soc. belge de Géol.*, **65**, 251-255.
113. E. S. LARSEN Jr., N. B. KEEVIL and H. C. HARRISON, 1952. *Bull. Geol. Soc. America*, **63**, 1045-1052 ; voir aussi pour des résumés de travaux ultérieurs : *Ibid.*, 1955, **66**, 1565 et 1580.
- 113b. M. ROQUES, 1956. Graphique de calcul des âges apparents des minéraux par la méthode Plomb-Alpha. *Bull. Soc. franç. Min. Crist.*, **79**, 293-300.
114. G. D. SCHREINER, R. T. JAMIESON and B. F. J. SCHONLAND, 1955. *Nature*, **175**, n° 4454, 464.
115. L. F. HERZOG, W. H. PINSON Jr. and R. F. CORMIER, 1955. M. I. T. Annual Report to Atomic Energy Commission for 1954-1955. N. Y. O. 3935-II, 1-7.
116. L. T. ALDRICH, G. W. WETHERILL, G. R. TILTON and G. L. DAVIS, 1956. *Phys. Rev.*, **103**, n° 4, 1045-1047 ; *Geochim. et Cosmochim. Acta*, sous presse. Une note préliminaire a été publiée par L. ALDRICH, 1956, *Science*, **123**, 874-875.
117. H. A. SHILLIBEER and R. D. RUSSELL, 1954. *Canad Journ. Physics*, **32**, 58-73.
118. G. J. WASSERBURG and R. J. HAYDEN, 1955. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **7**, 51-60.
119. G. W. WETHERILL, L. T. ALDRICH and G. L. DAVIS, 1955. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **8**, 171-172.
120. G. W. WETHERILL, G. J. WASSERBURG, L. T. ALDRICH, G. R. TILTON and R. J. HAYDEN, 1956. *Phys. Rev.*, **103**, n° 4, 987-989.
- 120b. P. M. ENDT and J. C. KLUYVER, 1954, *Rev. Mod. Phys.*, **26**, 95.
121. C. C. PATTERSON, 1956. *Geochim. et Cosmochim. Acta.*, **10**, n° 4, 230-237.
122. R. D. RUSSELL and D. W. ALLAN, 1956. *Geophys. Suppl. Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **7**, 80-101.
123. A. HOLMES, 1956. *Trans. Edinburgh Geol. Soc.*, **16**, pt. III, 313-333.
- 123b. G. L. BATE and J. L. KULP, 1955. Variations in the Isotopic composition of common lead and the history of the crust of the earth. Lamont Geol. Observ. Techn. Rept. Contract AT (30-1)-1114, 124 pp.
124. R. M. FARQUHAR, 1954. Union Géodésique et Géophysique Intern., Assoc. Séism. et de Phys. de l'intérieur de la Terre, Rome, 1954.
125. H. R. HOEKSTRA and J. T. KATZ, 1955. *Nature*, **175**, n° 4457, 605.
126. B. WASSERSTEIN, 1955. *Nature*, **175**, n° 4457, 605-606.

127. B. WASSERSTEIN, 1955. *Nature*, **176**, n° 4473, 159-160.
128. Common Lead Isotope Abundances, March 1955, Analyses isotopiques par R. M. FARQUHAR, R. D. RUSSELL, G. L. CUMMING, C. B. COLLINS (Prof. J. TUZO WILSON). Ronéoté.
129. P. EBERHARDT, J. GEISS und F. G. HOUTERMANS, 1955. *Zeitschr. für Physik*, **141**, 91-102.
130. Renseignements de la Compagnie Minière de Djebel Gustar transmis par P. EVRARD, PH. MATHIEU et G. SCHAAR.
131. B. CHOUBERT, P. EBERHARDT, J. GEISS, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER, 1956. *C. R. Acad. Sc. Paris*, **243**, n° 3, 286-288.
132. Analyses isotopiques : P. EBERHARDT, J. GEISS, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER. Étude en cours en collaboration avec L. CAHEN et J. JEDWAB ; voir aussi [229].
133. Ch. GOTTIS et P. SAINFELD, 1952. Les gîtes métallifères tunisiens. XIX^e Congrès Géol. Intern., Mon. Rég., 2^e Série, Tunisie, n° 2. Tunis, 1952.
134. Pour la localisation géographique et les conditions de gisement des minerais de plomb du Maroc, voir : J. BOULADON, 1952. Plomb et Zinc, Chap. VIII (pp. 179-216) de Géologie des gîtes minéraux marocains. XIX^e Congr. Géol. Intern., Mon. Rég., 3^e série, Maroc, n° 1, Rabat, 1952.
135. Table des âges absolus déterminés en 1955 par la méthode plomb-alpha-zircon au Laboratoire de Géologie et de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Clermont. Sér. documentation, 1956, n° 4. (M. ROQUES et C. PANGAUD).
136. Échantillon : Quenisset ; séparation minérale : Bessoles ; analyse isotopique : P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER. Renseignements : Fiche A. O. F. /D. F. M. G. n° 19 communiquée par M. NICKLÈS.
137. R. A. MACKAY, 1950. Report Int. Geol. Congress, XVIIIth Sess., Great Britain 1948, pt. VII, 217-220.
138. Analyses isotopiques : P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER (Univ. de Berne). Inédit, voir aussi [229].
139. Échantillons et renseignements du Syndicat BAMOCO.
140. Voir pour la galène du ruisseau Niembo, H. BUTTGEBACH, 1906. *Ann. Soc. géol. Belg.*, **33**, 12.
141. Échantillon : A. M. MACGREGOR ; séparation minérale : L. O. NICOLAYSEN ; analyses chimiques : F. W. E. STRELOW ; analyses isotopiques : J. N. L. DE VILLIERS. Renseignements communiqués par A. M. MACGREGOR et Director, Nat. Phys. Laboratory Pretoria.
142. Échantillon : A. M. MACGREGOR ; analyse chimique : Nat. Phys.

- Lab. Pretoria ; analyse isotopique, moyenne de 5 analyses isotopiques très concordantes : J. D. LOUW (Nat. Phys. Lab. Pretoria). Renseignements communiqués par A. M. MACGREGOR.
143. A. M. MACGREGOR, 1951. *Trans. Geol. Soc. South. Africa*, **54**, LXI-LXIII.
144. A. L. DU TOIT, 1954. *Geology of South Africa*. 3d ed. Edinburgh & London.
145. H. BESAIRIE, P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER, 1956. *C. R. Ac. Sc.*, **243**, 544-545.
146. Échantillon : K. P. CHIKARA ; analyse chimique : Chemical Research Laboratory (C. R. L.), Teddington ; analyse isotopique : R. D. RUSSELL (Lab. Prof. J. T. Wilson, Toronto) ; A. HOLMES, inédit.
147. A. HOLMES et H. BESAIRIE, 1954. *Mém. Inst. Sci. Madagascar*, **6** (D), 191-199. Analyse chimique : C. R. L. Teddington.
148. T. D. GUERNSEY, 1950. *Col. Geol. and Min. Res.*, **1**, n° 2, 130.
149. F. DIXEY, renseignement verbal.
150. K. A. PHILLIPS, 1955. Ass. Serv. Géol. Africain, Réunion de Nairobi (1954), *C. R. et Comm.*, Paris (1955), 153-168.
151. H. BESAIRIE, 1955. État de la Géochronologie à Madagascar en décembre 1955. Rapport annuel au Service Géologique pour 1955, 17-19.
152. H. M. E. SCHURMANN, A. C. W. E. BOT. E. NIGGLI, F. G. HOUTERMANS and J. GEISS, 1955. *Geologie en Mijnbouw*, n° 9, Nieuwe Serie, **17**, 217-223.
153. Séparations des minéraux : Harwell et Atomic Energy Division Geol. Surv. and Mus. ; analyse chimique : C. R. L. Teddington ; analyses isotopiques : A. E. R. E., Mass. spectrometer Group ; J. E. T. HORNE, inédit (13.6.1955).
154. F. A. WILLIAMS, 1956. *Bull. Inst. Min. Métall.*, **591**, 169-179.
W. N. MACLEOD, 1957. *Records. Geol. Surv. Nigeria* 1954, pp. 17-34.
155. ALDRICH, L. T., TILTON, G. R., DAVIS, G. L., NICOLAYSEN, L. O. and PATTERSON, C. C. (1955). *Proc. Geol. Ass. Canada*, **7**, 7-13.
156. WETHERILL, G. C., ALDRICH, L. T. and DAVIS, G. L., 1955. *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **8**, 171-172.
157. NICOLAYSEN, L. O. : Thèse (voir réf. 185).
158. *a à f* : A. O. NIER (1939). *Phys. Rev.*, **55**, 153-163.
g : H. F. EHRENBERG, 1953. *Z. Phys.*, **134**, 317-333.
h, i : analyses chimique et 206/210 : F. BEGEMANN, H. VON BUTTLAR, F. G. HOUTERMANS, N. ISAAC et E. PICCIOTTO (1953). *Geochim. et Cosmochim. Acta*, **4**, 21-35. Analyses isotopiques : H. F. EHREN-

- BERG, Göttingen et C. B. COLLINS, R. D. RUSSEL et R. M. FARQUHAR (1953). *Canad. Journ. Physics*, **31**, 402-418.
- j, k, l* : analyses isotopiques : C. B. COLLINS et al. (1953), *Canad. Journ. Physics*, **31**, 402-418.
- m* et *n* : J. L. KULP, G. L. BATE and W. S. BROECKER (1954). *Amer. Journ. Sci.*, **252**, 345-365 ; B. GILETTI and J. L. KULP (1955). *American Mineralogist*, **40**, n^{os} 5-6, 481-496.
159. Analyses chimiques : D. LEDENT (Un. Bruxelles) ; analyses isotopiques : 5a : C. B. COLLINS, R. D. RUSSELL et R. M. FARQUHAR (1953). *Canad. Journ. Physics*. **31**, 402-418. Voir aussi : P. E. F. GRETENER, R. M. FARQUHAR and J. T. WILSON. *Trans. Roy. Soc. Canada*, 1954, **48**, III, sect. 4, 17-32 et J. T. WILSON, R. M. FARQUHAR, P. GRETENER, R. D. RUSSELL, H. A. SHILLIBEER. *Nature*, 1954, **174**, 1006.
- 5b et 20 : P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS, P. SIGNER (Un. Berne) in D. LEDENT, 1956. *Bull. Soc. belge de Géol.*, **65**, 230-233.
160. Analyse chimique : F. W. E. STRELOW ; analyse isotopique : J. D. LOUW (Nat. Phys. Lab. Pretoria). Échantillon D^rB. WASSERSTEIN. Renseignements communiqués par Direct. Nat. Lab. Pretoria.
161. G. DERRIKS et J. F. VAES, 1956. Proceedings of the International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy, **6** (Publ. P/1105), 94-128.
162. R. DU TRIEU DE TERDONCK in : D. LEDENT, 1956. *Bull. Soc. belge Géol.*, **65**, 230-233.
163. M. GYSIN, 1936. *Ann. Serv. Mines C. S. K.*, **7**, 139 pp.
164. C. F. DAVIDSON, 1955. *Bull. Inst. Min. Métall.*, London, n^o 582, 461-466, *Trans*, **64**, 1954-55.
165. Renseignements communiqués par J. DE VILLIERS *in litt*.
166. a) L. CAHEN, 1955. *Bull. Inst. Min. Métall.*, London, n^o 584, 587-590, *Trans.*, **64**, 1954-55. Voir aussi :
- b) L. CAHEN, C. R. Congrès Géol. Int. XX^e Sess., Mexico 1956, El sistema Cambrico..., Symposium, **1**, 265-279.
167. W. E. ECKELMANN and J. KULP, 1956. *Bull. Geol. Soc. America*, **67**, 35-54.
168. G. L. BATE and J. L. KULP, 1955. Variations in the isotopic composition of common lead and the history of the crust of the earth. *Lamont Geol. Observ. Tech. Rept. Contract A. T.* (30-1)-114, 124 pp.
169. Analyse isotopique : P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER (univ. de Berne). Inédit, voir aussi [229].

170. Échantillon et renseignements de A. MEYER.
171. Échantillons et renseignements inédits de la COBELMIN et de A. KAZMITCHEFF.
172. Analyses isotopiques de P. EBERHARDT, J. GEISS et F. G. HOUTERMANS, voir aussi [229].
P. NICOLINI, note communiquée par M. NICKLÈS.
173. G. BIGOTTE, 1955. Contribution à la géologie du Bassin du Niari. Sédimentologie et métallogénie de la région minière. Thèse. Faculté des Sc. Univ. de Nancy.
174. Échantillons et renseignements inédits de Rhodesian Selection Trust et Geological Survey of N. Rhodesia ; T. D. Guernsey, 1950, *Col. Geol. and Min. Res.*, 1, n° 2, 133-134.
175. P. L. A. O'BRIEN, 1954. Northern Rhodesia Geol. Surv. *Report*, n° 1, p. 8.
176. Analyse isotopiques : P. EBERHARDT, J. GEISS, F. C. HOUTERMANS (Un. Berne) ; échantillons prélevés par : H. BOUDET (*a*), A. PIAN (*b*) et DABRONSKI (*c*) ; fiches établies par le Service géologique du Cameroun (J. GAZEL, P. SCHWOERER et DABRONSKI), transmises par M. NICKLÈS, voir aussi [229].
177. Analyses isotopiques : P. EBERHARDT, J. GEISS, F. G. HOUTERMANS (Un. de Berne) ; échantillons prélevés par A. CHERMETTE (*a* et *b*) ; fiches établies par BESSOLES, transmises par M. NICKLÈS, voir aussi [229].
178. Analyse isotopique : G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory ; résultat et renseignements transmis par A. M. MACGREGOR, *in litt.*
179. Analyse isotopique : G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory ; échantillons récoltés par M^r STEYN, résultat communiqué par A. C. TRUTER, Geol. Surv., Union of South Africa, *in litt.*
180. Analyses chimiques et isotopiques par L. O. NICOLAYSEN (1954). Age determinations on African Pre-Cambrian Minerals Ph. D. Thesis, Univ. of Princeton, U. S. A. ; voir aussi pour 1 et 2 : G. R. TILTON and L. O. NICOLAYSEN (1955), Heterogeneous distribution of uranium, thorium and lead in Monazite crystals (Abstract). *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 66, p. 1627 et G. R. TILTON and L. O. NICOLAYSEN (1957), *Geoch. et Cosmoch. Acta*, 11, 28-30 (paru pendant l'impression du présent travail).
181. A. POLDERVAART and J. W. VON BACKSTRÖM, 1949. *Trans. Geol. Soc. S. Africa*, 52, 433-395.
182. B. V. LOMBAARD, 1931. Union of S. Africa Geol. Surv., Explanation of Sheet 18 (Moos River).

183. Analyse chimique : F. W. STRELOW ; analyse isotopique : J. D. LOUW ; résultat communiqué par Directeur, National Physical Laboratory, Pretoria ; échantillon : B. Wasserstein.
184. Analyse chimique : C. R. L. TEDDINGTON ; analyse isotopique : W. C. ERICKSON et J. HOFMAN (Lab. du Prof. A. O. Nier) Minnesota ; échantillon récolté par le D^r B. P. LAMONT du Bechuanaland Geol. Surv. ; A. HOLMES inédit.
185. L. O. NICOLAYSEN, 1954. Age determinations on African Pre-Cambrian minerals. Thèse (Ph. D.), Univ. de Princeton (U. S. A.). Les résultats obtenus par la méthode Rb/Sr ont été recalculés par A. H. et L. C. en tenant compte de la valeur de la constante de désintégration nouvellement préconisée.
- 185b. G. R. TILTON and L. O. NICOLAYSEN, 1957. *Geoch. et Cosmoch. Acta*, **11**, 28-40.
186. D. LEDENT, E. PICCIOTTO et G. POULAERT, 1956. *Bull. Soc. belge de Géol.* **65**, 233-250 ; P. EBERHARDT, J. GEISS, H. R. VON GUNTEN, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER, 1956, *Bull. Soc. belge de Géol.*, **65**, 251-255.
- 186b. L. VAN WAMBEKE, 1957. *Bull. Soc. belge de Géol.*, **66** sous presse.
187. Analyse chimique : T. JACOBS, Lab. Rech. Chim., Ministère des Colonies, Tervuren ; échantillon et renseignements de la Soc. Somuki par l'intermédiaire de M. LOHEST et M. P. RONCHESNE.
188. Échantillons et renseignements : A. ROLLET (SERMIKAT).
189. Échantillons et renseignements : A. KAZMITCHEFF (COBELMIN).
190. P. RAUCQ, 1957. *Ann. Mus. Congo*, in-8°, Sc. Géol., n° 18, sous presse.
191. L. LANDA, D. KARPOFF, E. CLAEYS, 1950. C. S. K. 50^e Ann. Congrès Élisabethville 1950, III, II, 333-340. Bruxelles (1952).
- 191b. Analyses chimiques : Chemical Research Laboratory, Teddington, Middlesex ; analyses isotopiques : R. M. FARQUHAR (Lab. Prof. J. T. WILSON, Toronto) ; Résultats communiqués par A. HOLMES.
192. H. BESAIRIE, P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS, P. SIGNER, 1956. *C. R. Ac. Sci.* (Paris), **242**, 317-319.
193. Analyse isotopique : G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory pour R. TYNDALE-BISCOE (Southern Rhodesia Geol. Survey). Transmises par A. M. MACGREGOR *in litt.* Voir aussi 123b.
194. A. M. MACGREGOR, 1947. *S. Rhodesia Geol. Surv. Bull.*, n° 38, p. 42.
195. Échantillon : D^r B. WASSERSTEIN ; Analyse isotopique : G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory ; renseignements transmis par Director Geol. Surv. S. Africa. Voir aussi 123b.

196. J. WILLEMSE, C. M. SCHWELLNUS, J. W. BRANDT, H. D. RUSSELL and D. P. VAN ROOYEN, 1944. *Union of South Africa, Geol. Surv. Memoir* n° 39.
197. B. BESSOLES, J. COSSON, J. GRASSAUD et M. ROQUES, 1956. *C. R. Somm. Soc. Géol. France*, n° 7, 86-87.
S'appuyant sur : A. HOLMES et L. CAHEN (1955), ces auteurs considèrent la diorite des Saras comme appartenant au cycle karagwe-ankoléen. Nous avons vu (p. 48) que l'âge de ce dernier doit être rajeuni.
198. P. EBERHARDT, J. GEISS et F. G. HOUTERMANS, 1955. *Zeitschr. Phys.*, **141**, 91-102. Échantillon prélevé par R. WOODTLI.
199. R. B. MACCONNELL. The Buganda System of Uganda. Note présentée au XX^e Congrès Géologique International, Mexico, 1956 (Association des Services Géologiques Africains).
200. C. F. DAVIDSON and M. E. COSGROVE, 1955. *Bull. Geol. Surv. Gt. Britain*, n° 10, 74-80.
C. F. DAVIDSON, 1955. *Mining Mag.*, **92**, 152-156.
201. J. L. KULP, W. S. BROECKER and W. R. ECKELMANN, 1953. *Nucleonics*, **2**, 19-21.
J. L. KULP, G. L. BATE and B. J. GILETTI, 1955. *Proc. Geol. Assoc. Canada*, **7**, 15-24.
202. J. D. LOUW (with chemical analyses by F. W. E. STRELOW), 1954. *Trans. Geol. Soc. S. Afr.*, **57**, 209-230.
203. W. R. LIEBENBERG, 1955. *Trans. Geol. Soc. S. Africa*, **58**, 101-254.
204. Analyse chimique : F. W. E. STRELOW ; analyse isotopique : J. W. L. DE VILLIERS. L'échantillon, donné par le D^r R. A. PELLETIER est une fraction séparée du spécimen U5a (voir [203]). La fraction riche en uranium est U5b (voir [203]). La présente fraction était moins pure que U5b.
205. P. RAMDOHR, 1955. *Abh. Akad. Wiss. Berlin ; Mat.-Nat. Klasse*, 1954, n° 5, 43 pp. Un bon compte rendu de ce travail a été publié en anglais par H. W. A. SOMERLATTE, 1955, *Mining Mag.*, **93**, 142-152.
206. D. J. L. Mc WHIRTER, 1956. *Mining Mag.*, **94**, 84-86.
207. Analyse chimiques : Chemical Research Laboratory, Teddington, Middlesex ; analyse isotopique : R. M. FARQUHAR (Lab. du Prof. J. T. WILSON, Toronto) ; résultats communiqués par A. HOLMES.
208. Analyses par G. J. WASSERBURG et R. J. HAYDEN ; échantillon récolté par A. M. MACGREGOR ; résultat communiqué par G. J. WASSERBURG, *in litt.*
- 208b. D. R. HUNTER, 1954. *Swaziland Ann. Rpt. Geol. Surv. Dept. for 1953*, 26-27.

209. H. D. RUSSELL, S. A. HIEMSTRA and D. GROENEVELD, 1954. *Trans. Geol. Soc. S. A.*, **57**, pp. 197-208. Analyses chimiques par : b) C. F. J. VAN DER WALT, Div. of Chem. Services Pretoria ; a et c) : par F. W. E. STRELOW, Nat. Chem. Lab. Pretoria ; Analyse isotopique préliminaire : J. D. LOUW ; Analyse isotopique utilisée : J. W. DE VILLIERS, Nat. Phys. Lab. Pretoria. Cette dernière communiquée par l'auteur.
210. Analyse isotopique : G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory, échantillon récolté par et résultat communiqué par F. TRUTER, Director Geol. Survey, Union of South Africa, *in litt.*
211. C. A. STRAUSS, 1954. (The geology and mineral deposits of the Potgietersrust Tin Fields). *Union of South Africa, Geol. Surv., Memoir 46*, 252 p.
212. J. WILLEMSE, C. M. SCHWELLNUS, J. W. BRANDT, H. R. RUSSELL and D. P. VAN ROOYEN, 1944. (Lead Deposits in the Union of South Africa and South West Africa). *Union of South Africa Geol. Survey, Memoir n° 39*.
213. J. BERNAZEAUD, A. GRIMBERT, B. LAZARD, R. ROTH, H. SANSELME, 1956. *C. R. Ac. Sc. (Paris)*, **42**, 23, 2744-2746.
214. Analyse isotopique : J. GEISS et P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS (b et e), P. EBERHARDT, F. C. HOUTERMANS et P. SIGNER (a, c, d) ; échantillons prélevés par BUMIFOM ; renseignements communiqués par M. NICKLÈS, Géol. en chef de la F. O. M. et R. LAMBERT, Chef géologue du BUMIFOM, voir aussi [229].
215. L. MARVIER, 1953. Direction des Mines A. O. F. *Bull. n° 16*.
N. R. JUNNER, 1940. *Gold Coast Geol. Surv., Bull. n° 11*, 14.
F. HIRST, 1942. *Bull. Imp. Institute*, **40**, n° 1, 1-28.
216. P. WAGNER, 1914. *Trans. Geol. Soc. S. Africa*, **17**, 39-54.
217. B. LIGHTFOOT, *Southern Rhodesia Geol. Surv. Bull. n° 26*, 1934, 63-65 et A. M. MACGREGOR *in litt.*
218. Suggestion de A. M. MACGREGOR *in litt.*
219. Analyse isotopique G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory ; même échantillon que celui déjà analysé à Toronto (1955, p. 86) et provenant du Geological Survey, Union of South Africa. Résultat communiqué par F. TRUTER, Director Geol. Survey of S. Africa.
220. Analyse isotopique de P. EBERHARDT, F. G. HOUTERMANS et P. SIGNER (Un. de Berne) (inédit), voir aussi [229]. Échantillon et renseignements P. GERADON (Colomines).
221. Analyse isotopique G. L. BATE, Lamont Geol. Observatory ; résultats et renseignements communiqués par F. TRUTER, Director Geol. Survey of S. Africa. Échantillon 1 a récolté par G. JOUBERT.

222. Analyse isotopique comme pour 220. Échantillon 1 *d* : Université de Liège, communiqué par J. MÉLON ; échantillon 1 *i* envoyé par H. BERNARD (Géomines).
223. (5) Analyse isotopique : National Physical Laboratory, Pretoria, communiquée par Director du N. P. L. (J. W. L. DE VILLIER *in litt.*) ; échantillon : J. J. FRANKEL.
224. (6) Id. échantillons et observations de C. A. COUSINS.
225. (8) L. T. NEL, *in litt.*
226. J. L. KULP, G. L. BATE and W. S. BROECKER, 1954. *Amer. Journ. Sci.*, **252**, 345-365.
227. H. SCHÜRMAN, *in litt.*
-
228. S. DEUTSCH, S. HIRSCHBERG, E. PICCIOTO, 1956. *Bull. Soc. belge Géol.*, **65**, 267-281.
229. P. EBERHARDT, J. GEISS, F. G. HOUTERMANS and P. SIGNER, Isotopic abundances and age of common Leads, University of Berne, June 1956. Congr. Géol. Int. XX^e Sess. Mexico, 1956.

TABLEAUX DE DONNÉES ANALYTIQUES

Dans tous les tableaux on trouvera :

Dans la colonne 1 : l'indication du groupe d'âge et le n° de l'échantillon tel qu'il est indiqué dans notre texte actuel et celui de 1955.

Dans la colonne 2 : le nom du minéral, une indication sommaire de la localité et le pays. Pour la méthode du plomb commun, le minéral analysé est la galène sauf indication contraire. Les pays sont désignés par l'une des abréviations ci-après :

A. É. F. = Afrique Équatoriale Française ; A. O. F. = Afrique Occidentale Française ; Al. = Algérie ; Cam. = Cameroun ; C. B. = Congo belge ; G. C. = Gold Coast ; K. = Kenya ; Ma. = Madagascar ; M. = Maroc ; Mo. = Moçambique ; N. = Nigeria ; N. R. = Northern Rhodesia ; Ny. = Nyasaland ; R. U. = Ruanda-Urundi ; S. A. = Union of South Africa ; S. L. = Sierra Leone ; S. R. = Southern Rhodesia ; Sw. = Swaziland ; S. W. A. = South West Africa ; T. T. = Tanganyika Territory ; To. = Togo ; Tu. = Tunisie ; U. = Uganda. (N.B. La lettre S est également employée comme abréviation du mot Système).

Dans la colonne 3 : le numéro de la référence tel qu'il figure dans notre texte : n° 1 à 102 : références indiquées dans notre travail de 1955 ; 103 à 229 ; référence de notre texte actuel.

Dans la colonne 4 : le numéro original, qui est généralement celui de l'analyse isotopique ; parfois l'indication du laboratoire est seule donnée. Les abréviations suivantes ont été utilisées : Be. = Laboratoire de

Physique de l'Université de Berne ; C. E. A. = Commissariat à l'Énergie Atomique, Centre de Chatenay (France) ; H. = Harwell ; Gött. ou Sh. = Institut de Physique de l'Université de Göttingen ; L. ou K. = Lamont Geological Observatory, Columbia University N. Y. ; N. = A. O. Nier (1939) ; Harvard University, Cambridge, Mass. ; N. P. L. P. (aussi G1 à G4) = National Physical Laboratory, Pretoria ; T. = Geophysical Laboratory, University of Toronto ; W. = United States Geological Survey, Washington.

Les numéros tels que A857/51, CRL 399/53 ou 181/54 concernent l'analyse chimique seule, effectuée dans ce cas aux Chemical Research Laboratory, Teddington.

Tableau I. — Méthode du plomb.

Sont inclus dans ce tableau :

- 1) Les minéraux qui ont fait l'objet de mesures complètes ; comprenant analyse chimique et analyse isotopique.
- 2) Les minéraux qui ont fait l'objet d'une analyse chimique seulement. Cette situation est généralement provisoire.
- 3) Les minéraux pour lesquels seule une analyse isotopique a été effectuée.

Le nombre de mesures au RaD (Pb 210) et au ThB (Pb 212) étant encore très limité, pour ne pas surcharger le tableau, ces résultats ont été indiqués dans le texte.

Les colonnes 5, 6 et 7 contiennent des teneurs en uranium, thorium et plomb (exprimées en %, sauf dans deux cas). La colonne 8 donne l'âge non corrigé d'après les graphiques de Wickmann (1939, voir réf. n° 8, 1955, p. 66/10).

Dans les colonnes 9, 10, 11 et 12 on trouvera les proportions des isotopes du plomb et dans les colonnes 13, 14, 15 et 16 les âges apparents déduits des quatre rapports 207/206, 206/238, 207/235 et 208/232. Enfin, la colonne 17 donne l'âge que nous adoptons, après discussion, dans chaque cas.

Les âges sont lus sur des graphiques publiés par J. L. KULP, G. L. BATE et W. S. BROECKER (1954, voir réf. n° 3 1955 p. 62/5).

Ces graphiques permettent de résoudre les équations :

$$\frac{N_{207}}{N_{206}} = \frac{N_{235}}{N_{238}} \frac{e^{\lambda_{235} t} - 1}{e^{\lambda_{238} t} - 1}$$

$$\frac{N_{206}}{N_{0238}} = 1 - e^{-\lambda_{238} t}$$

$$\frac{N_{206}}{N_{0235}} = 1 - e^{-\lambda_{235} t}$$

$$\frac{N_{208}}{N_{0232}} = 1 - e^{-\lambda_{232} t}$$

Les valeurs adoptées pour les constantes sont :

$$T \ 1/2 \ (U_{238}) = 4,51 \pm 0,01 \cdot 10^9 a; \ \lambda_{238} = 0,1541 \cdot 10^9 a^{-1}$$

$$T \ 1/2 \ (U_{235}) = 0,713 \pm 0,016 \cdot 10^9 a; \ \lambda_{235} = 0,9722 \cdot 10^9 a^{-1}$$

$$T \ 1/2 \ (Th_{232}) = 13,9 \pm 0,2 \cdot 10^9 a; \ \lambda_{232} = 0,04987 \cdot 10^9 a^{-1}$$

$$N_{238}/N_{235} = 137,7 \pm 0,5$$

(N_0] = nombre d'atomes au temps $t = 0$; N = nombre d'atomes actuellement).

TABLEAU

1	2	3	4	5	6	7	
N°	Nom et localité	Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %	
I 4	Samarskite, Befarafara	Ma.	16	9.68	1.46	0.36	
	id. id.	Ma.	16	10.71	1.51	0.41	
I 12	Bétafite, Urungwe, près Miami	S.R.	141	NPLP 32a	15.19	1.29	1.057
	id. portion différente	S.R.		b	14.94	1.26	1.034
	id. id. id.	S.R.		c	10.22	0.88	0.670
I 13 (ex III 4)	Columbo-tantalite radioactive près Miami	S.R.	{ 41 142	54/32	0.154	n.d.	0.023
II 1	Uraninite, Bemasoandro	Ma.	17	71.00	1.925	4.09	
II 2	Thorianite, Soafia	Ma.	18	13.38	69.44	2.53	
II 3	Thorianite, Betroka	Ma.	18	5.56	77.44	2.11	
II 4	Samarskite, Tura	K.	19	A85/751	4.45	1.58	0.34
II 5a	Zircon, Cape Granite	S.A.	20	0.1065	0.1775	0.0066	
II 6	Monazite, Ambatofotsikely	Ma.	21	0.23	9.53	0.21	
II 9	Davidite, Mavuzi, Tete	Mo.	29	8.31	0.06	0.66	
II 10	Bétafite, Lundazi	N.R.	146	220/52	22.30	1.30	1.48
II 12	Samarskite, Alto Ligonha	Mo.	147	408/53	6.708	1.846	0.52
II 13	Monazite détritique provenant du Younger Granite.	N.	152	0.217	5.025	0.078	
II 14	Pyrochlore, Kaffo Valley, Liruei, Nkano.	N.	153	2.892	1.318	1.235	

(1) Calculé en supposant Pb 204 = 0.

(2) Calculé en supposant Pb 204 = 0.05.

I

8 Age non corrigé	9 10 11 12 Proportions isotopiques				13 14 15 16 Age par				17 Age adopté
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207	Pb 206	Pb 207	Pb 208	
					Pb 206	U 238	U 235	Th 232	
250 260									
470	1	675.67	51.76	56.28	400	425	415	400	400
475	1	881.1	64.0	63.4	445	430	430	435	440
445	1	980.4	69.6	67.4	440	415	415	460	440
	<i>I</i>	18.25	15.97	38.92					
	1.8	100	32.8	83.2	615	340	370	—	2400
	<i>I</i>	18.25	15.97	38.92					
400	<0.001	100	5.67 ± 0.06	1.03 ± 0.01	490	395	405	460	490
	<i>I</i>	18.4	15.9	38.5					
495	<0.007	100	5.59 ± 0.2	159.0 ± 1.6	460	520	500	485	480
	<i>I</i>	18.4	15.9	38.5					
495	0.05 ± 0.01	100	5.7 ± 0.2	436 ± 2	(1) 490	510	495	485	490
	<i>I</i>	18.4	15.9	38.5	(2) 65	505	435	485	
475	1	1298.7	88.31	187.01	485	455	465	450	485
	<i>I</i>	18.4	15.9	38.5					
285	1	273.9	30.59	48.62	510	330	345	235	510
	1	18.7	15.9	38.60					
455									
550									
445	0.029 ± 0.06	91.88 ± 0.10	5.64 ± 0.03	2.49 ± 0.04	485	435	440	340	485
	<i>I</i>	18.25	15.97	38.92					
490									
260	1.195 ± 0.015	100	23.3 ± 0.2	46.45 ± 2.5	485	350	365	245	{ 2485 2350
	<i>I</i>	18.14	15.78	38.18					
233	1.27 ± 0.01	29.50 ± 0.49	20.13 ± 0.5	49.09 ± 0.4	—	205	59	160	?
	<i>I</i>	18.14	15.78	38.18					

TABLEAU

1	2				3	4	5	6	7
N°	Nom et localité				Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %
III A 1a	Uraninite, Shinkolobwe, S. Katanga	C.B.	34	N 2	}	74.9	(1) n.d.	6.7	
»	id. id. id.	C.B.	35	N 2		74.9	n.d.	6.7	
			36						
			158						
III A 1b	id. id. id.	C.B.		N 4		74.9	n.d.	6.7	
III A 1c	« Minéral jaune », id.	id.	C.B.	N 3		58.5	n.d.	8.4	
»	id. id. id.	C.B.		N 5		58.5	n.d.	8.4	
III A 1d	Uraninite, id. id.	C.B.	N 6	}	77.2	n.d.	6.48		
»	id. id. id.	C.B.	N 6		77.2	n.d.	6.48		
III A 1e	« Minéral jaune », id.	id.	C.B.	N 7		68.5	n.d.	6.74	
III A 1f	Curite, id. id.	C.B.	N 8			65.3	n.d.	9.7	
III A 1g	Uraninite, id. id.	C.B.		Sh A					
III A 1h	id. id., (R.G. 2333) id.	C.B.		Sh B	}	(3) 20.6 ± 0.02	n.d.	(3) 1.87 ± 0.04	
»	id. id. id. id.			T 88		20.6 ± 0.02	n.d.	1.87 ± 0.04	
III A 1i	id. id. (R.G. 2236) id.	C.B.		Sh C	}	(3) 14.22	n.d.	(3) 1.455	
»	id. id. id. id.	C.B.		T 87		± 0.28	n.d.	± 0.04	
						± 0.28		± 0.04	
III A 1j	id. id. (R.G. 2237) id.	C.B.		T 85					
III A 1k	id. id. (R.G. 2680) id.	C.B.		T 86					
III A 1l	id. id. id.	C.B.		T 83					

(1) La teneur en thorium des uraninites du Katanga est pratiquement nulle (voir colonne 12 et colonne 6, p. 134).

(2) Cette constitution isotopique a été adoptée pour les corrections effectuées à tous les minéraux III A1a à III A 1n.

(3) Analyses indiquées en gr/gr.

I (suite).

8 Age non corrigé	9	10 11 12				13 14 15 16				17 Age adopté
		Proportions isotopiques				Age par				
		Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207 Pb 206	Pb 206 U 238	Pb 207 U 235	Pb 208 Th 232	
605	—	100	6.03	0.042 ± 10%	} 625	610	610	—	625	
	—	100	6.07	0.047 ± 10%						
	(2) 1	18.26	15.90	38.49						
920	—	100	6.04	0.092 ± 5%	610	610	605	—	610	
	< 0.02	100	6.27	0.51 ± 3%	625	950	855	—	625	
570	—	100	6.96	2.09 ± 2%	660	910	775	—	660	
	< 0.006	100	6.08	0.077 ± 10%	} 620	575	577	—	620	
665	—	100	6.23	0.247 ± 3%						655
975	< 0.02	100	6.11	0.186	625	985	870	—	625	
612	—	100	6.14 ± 0.1	0.15 ± 0.02	630				630	
	—	100	6.11 ± 0.03	0.15 ± 0.02	} 625	615	610	}	625	
	0.015 ± 0.015	93.94	5.79	0.25						630
680	—	100	6.13 ± 0.05	0.17 ± 0.03	625	690	680		} 630	
	0.054 ± 0.015	92.96	6.02	0.97	635	680	670			
	0.02 ± 0.01	93.68	5.82	0.51	610					
	0.024 ± 0.015	94.09	5.79	0.11	635					
	—	94.21	5.66	0.13	600				600	

TABLEAU

1	2				3	4	5	6	7	
N°	Nom et localité				Réf.	n° orig.	U. %	Th %	Pb %	
III A 1m	id.	id.	id.	C.B.	158	K 9	73.78 ±0.06	0.016	6.27 ±0.03	
III A 1n	id.	id.	id.	C.B.	158	K 10	72.51 ±0.06	0.008	6.62 ±0.03	
III A 2a	Uraninite, Morogoro (Uluguru)				T.T.	37	N 17	70.45	0.2	6.30
III A 2b	id.	id.		T.T.	38					
III A 3	Samarskite, Ribawe				Mo.	40	A857/ 51	13.40	2.55	0.95
III A 5a	Pechblende, Kalongwe, (R.G. 2145) S. Katanga				C.B.	42 159	T 84	68.00	n.d.	6.77
III A 5b	id.	id.	(R.G. 3080)	id. C.V.	159		Be 112	70.42	n.d.	6.85
III A 6	Euxenite, Voandelaka				Ma	43	T 497			
III A 7a	Pechblende, Nkana				N.R.	44		75.84	0.14	5.79
b	id.	id.		N.R.	160	(N.P. L.P.)	66.1	n.d.	5.09	
III A 20	Pechblende, Luishya, (R.G. 4744) S. Katanga				C.B.	159	Be 113	68.41 ±0.06	n.d.	6.13 ±0.02
III A 23	Monazite, Baragoi				K.	147	398/53	0.195	5.31	0.17
III B 1	Monazite, Goodhouse, Cape Province				S.A.	180		0.2146	8.33	0.3769
III B 2	Monazite, Houtenbek 392, 102 Km. N.E. de Pretoria				S.A.	180		0.4481	11.00	0.5803

I (suite).

8 Age non corrige	10 11 12				13 14 15 16				8 Age adopté
	Proportions isotopiques				Age par				
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207 Pb 206	Pb 206 Pb 238	Pb 207 U 235	Pb 208 Th 232	
580	< 0.01	93.9±0.03	5.80±0.08	0.32±0.02	620	580	595		620
	< 0.01	94.0 ±0.05	5.90±0.09	0.06±0.02	690	615	630		690
605	0.001±20% 1	100 18.26	5.98 15.90	0.18±10% 38.49	595	610	600	(920)	600
	< 0.03 1	100 18.26	6.06±0.02 15.90	0.105±0.007 38.49	620				620
465	0.033±0.02 1	100 18.32	6.6 ± 0.1 15.34	14.5 ± 0.3 38.35	650	524	405	(895)	650
675	0.035±0.015 1	93.90 18.26	5.76 15.90	0.32 38.49	605	670	650		605
660	— 1	100 18.26	6.030±0.015 15.90	0.133±0.013 38.49	600	660	640	—	600
	0.14±0.035 1	73.95 18.26	6.53 15.90	19.40 38.49	620				620
520									
535	— 1	94.14 18.26	5.67 15.90	0.19 38.49	612	527	540		612
610	— 1	100 18.26	6.225±0.015 15.90	0.579 38.49	605	610	615		610
635									
925	1 1	530 17.6	50.24 15.8	61.00 37.6	850	945	910	800	875
770	1 1	924 17.6	78.31 15.8	46.13 37.6	900	1410	1215	930	915

TABLEAU

1	2	3	4	5	6	7	
N°	Nom et localité	Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %	
IV 1a	Uraninite, Bokspits, Gordonia	S.A.	57	58.20	8.06	9.40	
IV 1b	Uraninite, id. id.	S.A.	183	NPLP3	64.1	8.18	9.82
IV 10a	Monazite, Steenkampskraal Cape Province	S.A.	184	CRL 107/52	0.093	5.986	0.32
IV 10b	Monazite, Steenkampskraal Cape Province	S.A.	185		0.1102	5.85	0.3042
IV 12	« Yttrocrasite », Mitwaba, N.Katanga	C.B.	63	Be.	3.33	8.16	0.89
IV 13	Monazite, riv. Lufironza, Urundi	R.U.	187		0.02	3.19	0.115
IV (anc. V ₁)	Euxenite, Nanseke près Kagadi, Toro	U.	61	A856/ 51	8.16	3.305	1.21
IV (anc. V ₂)	id. id. id.	U.	62		8.42	4.85	1.54
IV (anc. V ₂)	id. (purifiée) id. id.	U.	62		9.30	2.95	1.43
IV 17	Monazite, col de Manangotry (Anosy)	Ma.	191b	T 769	0.144	9.124	0.26
VII 1	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. Witwatersrand	S.A.	71 107	H.I.	61.75	2.14	14.84
»	id.			H.II	»	»	»
»	id.		72 107	T 162	»	»	»
»	id.			L	»	»	»

(¹) Les limites de précision de la mesure conduisent à l'expression 1140 $\begin{cases} \pm 300 \\ \pm 375 \end{cases}$

(²) Cette constitution isotopique a été adoptée pour les corrections effectuées à tous les minéraux VII 1 à VII 4 et VII 6.

I (suite).

8 Age non corrige	9 10 11 12				13 14 15 16				17 Age adopté
	Proportions isotopiques				Age par				
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207 Pb 206	Pb 206 U 238	Pb 207 U 235	Pb 208 Th 232	
1015	<0.00005	100	7.35	5.42	1030	1005	1010	1210	1030
965	— I	89.69 17.8	6.63 15.9	3.63 37.6	1040	965	980	965	1040
1130	290±0.03 I	100 17.38	49.9 ± 0.3 15.87	6.13± 3 37.6	1170	1500	1350	780	1170
1100	1 I	77.33 17.38	20.57 15.87	95.2 37.6		1075	1110	990	
1050	0.1994±0.05 I	100 17.76	10.28±0.07 15.38	50.27±0.27 39.54		1040	1110	1080	
700									
880	0.057±0.003 I	100 17.8	9.5 ± 2 15.9	13.9 ± 0.3 37.6	1370	845	1000	780	
995									
920									
600	0.051±0.002 I	4.90 ± 0.01 17.46	1.12 ± 0.05 15.88	93.95 ± 0.06 37.15	1140	525	650	575	?1140 (1)
1480	0.013±0.007 (2) I	83.33±0.07 12.62	11.55±0.06 14.19	3.11 ± 0.02 32.78	2180	1395	1720	3770	2180
«	0.042±0.003	85.45 ± 0.10	11.44 ± 0.02	3.07±0.04	2100	1380	1680	2465	2100
«	0.05±0.008	84.78 ± 0.08	11.57 ± 0.05	3.61 ± 0.02	2120	1375	1675	2840	2120
«	<0.07	85.4 ± 0.2	11.38 ± 0.06	3.15 ± 0.10	> 2025	1385	1640	605	> 2025

TABLEAU

1	2	3	4	5	6	7
N°	Nom et localité	Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %
VII 2	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand S.A.	61	A858 / 51	46.98	1.67	9.72
VII 3	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand S.A.	73 201	L 20	62.025	n.d.	14.36
VII 4a	Concentré de Thucholite, Black Reef, S. du Transvaal. Gov ^t Gold Mining Areas S.A.	75 202	C 1 (N.P.L.P.)	0.885	<0.03	0.563
VII 4b	Concentré d'Uraninite, Contact Reef, S. de Ventersdorp, Western Reefs Mine S.A.		U 1 (N.P.L.P.)	47.00	2.47	12.40
VII 4c	Concentré de Thucholite, Contact Reef, S. de Ventersdorp, Western Reefs Mine S.A.		C 2 (N.P.L.P.)	5.14	0.461	1.815
VII 4d	Concentré d'Uraninite, Kimberley Reef, Marievale, S. du Witwatersrand S.A. (pur)		U 2a (N.P.L.P.)	53.51	1.2 ± 0.5	16.24
VII 4e	id. (impur)		U 2b (N.P.L.P.)	25.90	n.d.	10.14
VII 4f	Concentré de Thucholite, Kimberley Reef, Marievale, S. du Witwatersrand S.A.		C.3 (N.P.L.P.)	0.173	n.d.	0.100
VII 4g	Concentré d'Uraninite, Basal-Vaal-Bird Reef, Free State. Develop ^t Mine, S. du Witwatersrand S.A.		U 3 (N.P.L.P.)	55.07	3.47	14.74
VII 4h	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Wit Nigel Mine, S. du Witwatersrand S.A.		U 4 (N.P.L.P.)	51.10	1.82	11.41
VII 4i	Concentré d'Uraninite purifiée, Main Reef, Sub. Nigel Mine, S. du Witwa- tersrand S.A.		U 5a (N.P.L.P.)	57.3	1.96	17.03

I (suite).

8 Age non corrigé	10 11 12				13 14 15 16				17 Age adopté
	Proportions isotopiques				Age par				
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	$\frac{\text{Pb 207}}{\text{Pb 206}}$	$\frac{\text{Pb 206}}{\text{U 238}}$	$\frac{\text{Pb 207}}{\text{U 235}}$	$\frac{\text{Pb 208}}{\text{Th 232}}$	
1300	1	619.74	97.30	63.21	2220	1085	1520	> 4000	2220
—	< 0.1	85.4 ± 0.2	11.38 ± 0.36	3.15 ± 0.10	> 1980	1330	1575	—	> 1980
—	1.03	100	28.94	36.77	2540	2130	2340	—	2540
1600	0.198	100	16.00	8.41	2210	1400	1730	1680	2210
2000	0.333	100	19.29	13.27	2410	1690	2020	1500	2410
1780	0.60	100	20.3	22.8	2100	1330	1630	> 4000	2100
—	0.86	100	23.77	31.10	2120	1510	1760	—	2120
—	0.73	100	22.19	25.97	2130	2220	2160	—	2130
1700	0.45	100	18.7	16.9	2130	1275	1620	1300	2130
1340	0.18	100	14.34	8.57	1990	1225	1520	2740	1990
1750	0.08	100	14.97	4.98	2260	1625	1920	3490	2260

TABLEAU

1	2	3	4	5	6	7
N°	Nom et localité	Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %
VII 4j	id. impure		U 5b (N.P.L.P.)	54.1	1.86	17.95
VII 4k	id. impure (autre éch.)		U 5c (N.P.L.P.)	54.0	1.86	16.15
VII 4l	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S.A. S. du Witwatersrand		U 6 (N.P.L.P.)	49.5	2.32	15.76
VII 4m	Concentré de Thucholite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S.A. S. du Witwatersrand		C 4 (N.P.L.P.)	3.402	0.178	1.337
VII 4n	Concentré de Thucholite, governm Reef, Carbon Leader, Babrasco Mine, S.A. S. du Witwatersrand		C 5 (N.P.L.P.)	10.27	0.799	4.039
VII 4o	Concentré d'Uraninite, Dominion Reef, Dom Reefs Mine, S. du Dominion S.A. Reef		U 7 (N.P.L.P.)	45.22	2.83	15.18
VII 5a	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Sub Nigel Mine, S. du Witwatersrand S.A.	203		56.51	1.43	18.05
VII 5b	Concentré d'Uraninite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S.A. S. du Witwatersrand	203		62.84	2.37	15.5
VII 5c	Concentré de Thucholite, Main Reef, Carbon Leader, Blijvooruitzicht Mine, S.A. S. du Witwatersrand	203		7.19	0.24	1.71
VII 6	Concentré d'Uraninite purifiée, Main Reef, Sun. Nigel Mine, S. du Witwaters- S.A. rand	204	NPLP. 38	56.73	1.94	17.44
VIII 1	Titanite radioactive, Beitbridge S.R.	61	106/52	0.07	0.16	0.08

I (suite).

8 Age non corrige	10 11 12 Proportions isotopiques				13 14 15 16 Age par				17 Age adopté
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207	Pb 206	Pb 207	Pb 208	
					Pb 206	U 238	U 235	Th 232	
1900	0.24	100	17.25	11.07	2280	1635	1940	3440	2280
1750	0.14	100	15.8	6.06	2260	1600	1890	2960	2260
1850	$0(\lt \frac{1}{3000})$	100	12.29	2.23	2025	1840	1900	2270	2025
2180	0.075	100	13.54	4.79	2065	2110	2070	3050	2065
2170	0.40	100	19.05	15.36	2265	1810	2020	1840	2265
1930	0.12	100	20.17	8.50	2760	1700	2210	3825	2760
1860									
1450									
1480									
1800	1.00	657.89	102.11	45.86	2220	1635	1890	3020	2220
env. (3400)	0.23 ± 0.01 <i>1</i>	100 <i>15.39</i>	15.6 ± 0.3 <i>15.50</i>	1.97 ± 4 <i>35.17</i>	2060	2280	2120	> 4000	2060

TABLEAU

1	2			3	4	5	6	7	
N°	Nom et localité			Réf.	n° orig.	U %	Th %	Pb %	
VIII 2	id.	id.	id.	S.R.	79	106' /52	0.085	0.30	0.056
VIII 3	Concentré radioactif,		id.	S.R.	79	T 716	0.127	0.57	0.11
VIII 4	Monazite, Runinya, 24 Km S.E. Astrida			R.U.	80	T 607			
VIII 9a	Thorianite uranifère, Loolekop, Eastern Transvaal			S.A.	209	NPLP 2	21.81	45.53	11.535
VIII 9b	id.	id.	id.		209		23.48	49.06	12.44
	autre éch., en profondeur			S.A.					
VIII 9c	id.	id.	id.		209		15.63	58.43	9.904
	autre éch., en surface			S.A.					
VIII 10	Yttrotantalite, Kelley Mine			Sw.	123 b	K 119	1.90 ± 0.02	1.13 ± 0.05	0.65 ± 0.01
VIII 12	Uraninite, pegmatite de Grabo Côte d'Ivoire			AOF		C.E.A.	65.888	0.206	19.430
IX 1	Monazite, Ebonite Tantalum Claims, Bikita District			S.R.	83		0.074	2.93	0.34
IX 2	Monazite, Jack Tin Claims, N. Salisbury			S.R.	83		0.19	9.36	0.95
IX 3	Monazite, riv. Lusemfwa, Irumi			N.R.	83	105 /52	0.09	8.15	0.58
IX 4	Monazite, Antsirabe			Ma	84	108 /52	0.18	10.87	0.36
IX 5	Microlite, Pope Tantalum Mine			S.R.	43	T 397			
X 1	Monazite, Sula Mountain schists			S.L.	90	T			

(1) Calculé en supposant Pb 204 = 0.

(2) Calculé en supposant Pb 204 = 0.07.

I (suite).

8 Age non corrigé	10 Proportions isotopiques				13 14 15 16 Age par				17 Age adopté
	Pb 204	Pb 206	Pb 207	Pb 208	Pb 207	Pb 206	Pb 207	Pb 208	
					Pb 206	U 238	U 235	Th 232	
1950									
2250	0.183 ± 0.006 <i>I</i>	37.80 ± 0.05 <i>15.39</i>	6.92 ± 0.02 <i>15.50</i>	55.11 ± 0.05 <i>35.17</i>	1935	1945	1940	2005	1940
	0.16 ± 0.03 <i>I</i>	18.08 ± 0.10 <i>15.4</i>	4.57 ± 0.05 <i>15.5</i>	77.2 ± 0.1 <i>35.2</i>	2190				2190
1970	{ <0.02 <0.005 <i>I</i>	100 100 <i>14.9</i>	12.43 12.56 <i>15.1</i>	57.98 58.26 <i>34.5</i>	— 2060	— 2000	— 2020	— 1820	2060
1960									
1900									
1750	0.575 ± 0.002 <i>I</i>	55.02 ± 0.12 <i>15.4</i>	14.67 ± 0.03 <i>15.5</i>	29.73 ± 0.09 <i>35.2</i>	2050	1095	1450	1190	2050
1780	0.019 ± 0.001 <i>I</i>	100 <i>15.05</i>	12.06 ± 0.06 <i>15.23</i>	0.76 ± 0.02 <i>34.94</i>	1950	1710	1820	1720	1950
2680	<0.07 <i>I</i>	100 <i>14.08</i>	18.0 ± 0.4 <i>14.98</i>	936 ± 9 <i>36.10</i>	(1) 2680 2620 (2)	2660 2640	2660 2610	2640 2640	2650
2020	0.469 ± 0.004 <i>I</i>	100 <i>14.08</i>	23.3 ± 0.1 <i>14.98</i>	1204 ± 4 <i>36.10</i>	2640	2235	2475	1920	2640
1500	1.23 ± 0.02 <i>I</i>	100 <i>14.08</i>	32.15 ± 2 <i>14.98</i>	1604 ± 8 <i>36.10</i>	2560	2010	2260	1370	2560
700	1 <i>I</i>	196.08 <i>14.08</i>	42.94 <i>14.98</i>	1531.37 <i>36.10</i>	2420	1390	1840	615	2420
	0.26 ± 0.03	73.05	15.19	10.72	2510				2510
	0.047 ± 0.005 <i>I</i>	9.24 <i>14.01</i>	2.51 <i>15.15</i>	88.20 <i>34.47</i>	2940				2940

Tableau II. — Méthode Pb/ α .

Les colonnes 5, 6 et 8 fournissent respectivement : la teneur en Pb en parties par million, N qui est l'activité comptée en α par mg et par heure et le rapport Pb/N.

La formule, approchée, du calcul de l'âge dans le cas des minéraux « jeunes » (500 m.a. et moins) est : $t = c \frac{\text{Pb}}{\text{N}}$ dans laquelle c dépend du rapport uranium-thorium dans le minéral.

Pour la plupart des zircons « jeunes » étudiés au Laboratoire de Clermont Ferrand par M. ROQUES et ses collaborateurs [135], la valeur adoptée pour c est 2420.

Les âges apparents des zircons du Nyasaland, étudiés dans le laboratoire du U.S. Geological Survey par E. S. LARSEN paraissent avoir été obtenus au moyen d'une valeur légèrement plus faible : environ 2400.

La valeur de 2420 suppose que le rapport uranium-thorium, traduit par le rapport F du nombre des particules alpha émises par l'uranium au nombre total des particules émises est constant et égal à 0.71 [113a].

Toutefois la valeur de F, même pour le zircon, semble assez variable [113b] et dans la colonne 7 sont données les valeurs de F dont nous avons connaissance.

Pour les minéraux d'âge supérieur à environ 500 m.a. il a été fait usage de graphiques tenant compte de la décroissance, avec le temps, des teneurs en thorium et en uranium [113b].

TABLEAU II.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Localité	Réf.	n° orig.	Pb. p.p.m	N α/ mg/h	F	rapp. Pb/N	âge apparent m.a.
I 9a	Zircon alluvial, Naraguta Koro, près Bukuru id.	135	C.F.21	24 19	512 430	0.32	(0.0468) 0.0442	101 } 107 } 104
I 9b	Zircon, concentré de granite à fayalite, 1,6 km au sud de Shen	135	C.F.22	38	920	0.84	(0.0414)	104
I 8	Zircon, Guelta de Mertoutek, N. Tamanrasset, Hoggar. Al.	135	C.F.23	20	132		0.151	365
II 11a	Zircon, Benato.	135	C.F.7	69	418		0.165	390
II 11b	Zircon éluvial, route Esira (x = 201, y = 425)	135	C.F.8	121	670		0.181	435
II 11c	Zircon d'Ambindandrakemba.	135	C.F.6	88	480		0.183	445
II 11d	Zircon éluvial de Betroka	135	C.F.5	196	1008		0.194	455
II 8a	Zircon alluvial, M ^t Tambane id.	28 28		85 47	375 185		0.228 0.254	545 609
II 8b	Zircon, d'une syénite néphélinique gneissique, S. de Mine	28		105	489		0.215	515

Tableau III. — Méthode A^{40}/K^{40} .

Les colonnes 5, 6, 7 et 8 indiquent respectivement le pourcentage de $K^{2}O$, le nombre de mesures, l'activité et les rapports A^{40}/K^{40} .

La colonne 9 donne l'âge exprimé en millions d'années.

Pour le calcul de cet âge, l'équation ci-après est appliquée :

$$t = \frac{1}{(1 + R) \lambda \beta} \cdot \ln \left(1 + \frac{1 + R}{R} \cdot \frac{K^{40}}{A^{40}} \right) \text{ années}$$

Les valeurs suivantes des constantes sont adoptées ici pour le calcul [116] :

$$R = \lambda e / \lambda \beta \text{ (rapport d'embranchement)} = 0.118 \pm 0.015$$

$$\lambda \beta \text{ (constante de désintégration } \beta) = 0.472 \times 10^{-9} a^{-1}$$

L'adoption de ces constantes permet de mettre l'équation ci-dessus sous la forme :

$$t = 4.364 \log_{10} \left(1 + 9.55 \cdot \frac{A^{40}}{K^{40}} \right) 10^9 \text{ années}$$

Pour les feldspaths potassiques nous avons donné également, pour des raisons expliquées dans le texte p. 108, les âges apparents calculés au moyen des valeurs suivantes des constantes [117] :

$$R = 0.089 \pm 0.03$$

$$\lambda \beta = 0.503 \times 10^{-9} a^{-1}$$

TABLEAU III.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Localité	Réf.	n° orig.	% K ⁴⁰	nombre de mesures	% Rad.	A ⁴⁰ /K ⁴⁰	âge apparent m.a.
II 5c	Feldspath, granite du Cap	S.A. 119					0.0105	180
II 5d	Mica, id.	S.A. 119					0.0337	530
II 7a	Feldspath, 1 mile au N. de Kinyiki Hill	K. 22	T.1170A	12.75 ± 0.5	1 } 2 }	90.8	0.0254	410
					3	84.2	0.0248	
II 7b	id., 1 mile S. de Tsavo, Nairobi	K. 22	T.1171A	11.7 ± 0.2		90.4	0.295	470
II 7c	id., Ussusu, 10 miles au S.O. de Sultan Hamud	K. 22	T.1169A	12.9 ± 0.2	1 } 2 }	89.6	0.0289	465
					2	96.5	0.0294	
III 19c	Microcline, près Boma, Bas-Congo	C.B. 22	T.1219A	6.36 ± 0.17	1 } 2 }	78.6	0.0284	470
					3	80.8	0.0307	
III 19a	id., Manono, N. Katanga	C.B. 22	T.1217A	11.5 ± 0.1	1 } 2 }	92.2	0.0340	505
					2	81.9	0.0303	

III 19b	id , Lugusha, S. Kivu	C.B.	22	T.1218A	10.1 ± 0.4	1 2	93.5 86.5	0.0369 0.0365	565
IV 9	Microcline, Cap Mlonga, Lac Tanganika	C.B.	11	T.1220A	12.85 ± 0.05	1 2	94.5 91.0	0.0531 0.0494	765
IV 11a	Feldspath, Jakkalswater	S.A.	119					0.0359	545
IV 11b	Mica, id.	S.A.	119					0.0695	965
VI 4	Feldspath, E. de Konongo	G.C.	22	T.1230A	11.1	1 2	97.1 98.7	0.151 0.138	1645
VI 5	Mica, Tirgharghrine, Anti Atlas Central	M.	22	T.1245A	9.61 ± 0.27	1 2 3	95.2 96.4 95.2	0.155 0.141 0.143	1655
VIII 8	Microcline, Beitbridge	S.R.	208		11.30		1.13 × 10 ⁻³ ccstp/gm	0.147 ± 0.004	1660
IX 6a	Lepidolite, Pope Tantalum Mine	S.R.	85	T.	8.6			0.269	2410
IX 6b	Mica, Bikita Quarry	S.R.	120					0.300	2550
XI 5	Granite (galet dans Conglom. de base du Bulawayen, riv. Sebakwe)	S.R.	208		0.67		1.89 × 10 ⁻³ ccstp/gm	0.40 ± 0.02	2980

Tableau IV. — Méthode du plomb commun

Les colonnes 5, 6 et 7 indiquent les rapports isotopiques Pb206/Pb204, Pb206/Pb204, Pb208/Pb204. Il s'agit des rapports déduits des mesures ; les mesures elles-mêmes n'ont pas été indiquées au tableau parce que nombre de laboratoires ne les publient pas et qu'elles peuvent être déduites des rapports par simple règle de trois.

La colonne 8 donne le rapport $s = \frac{\beta - \beta_0}{\alpha - \alpha_0}$ (voir formule ci-après)

et la colonne 9 indique l'âge conventionnel qui est fonction de ce rapport.

Les âges conventionnels sont lus sur des graphiques préparés par F. G. HOUTERMANS [9] et J. GEISS [9], résolvant l'équation

$$\frac{\beta - \beta_0}{\alpha - \alpha_0} = \epsilon \frac{e^{\lambda_{235} t_0} - e^{\lambda_{235} t}}{e^{\lambda_{238} t_0} - e^{\lambda_{238} t}}$$

Dans cette équation α et β sont respectivement les rapports Pb206/Pb204 et P2b07/Pb204 dans le plomb mesuré (Pb208/Pb204 = γ), α_0 et β_0 sont les rapports correspondants dans le « plomb primitif ».

$$\begin{aligned} \epsilon &= \frac{U_{235}}{U_{232}} \text{ aujourd'hui} = \frac{1}{139} \\ \lambda_{238} &= 0.153 \cdot 10^{-9} a^{-1} \\ \lambda_{235} &= 0.98 \cdot 10^{-9} a^{-1} \\ (\lambda_{232} &= 0.0499 \cdot 10^{-9} a^{-1}) \end{aligned}$$

Les valeurs 9.41 et 10.27 ont été prises respectivement pour α_0 et β_0 , ce qui correspond à un âge de 4.486 m.a.

pour le temps t_0 , début de l'évolution du plomb primitif (voir p. 13) ; t est en principe le moment de la première mise en place de la minéralisation plombifère.

On note que les constantes adoptées diffèrent de celles utilisées dans la méthode du plomb. Les différences n'ont aucune influence du point de vue géologique dans l'état actuel de la précision des mesures.

Dans la partie du tableau consacrée aux plombs de constitution isotopique anormale, les « âges conventionnels » indiqués n'ont généralement aucune signification géochronologique (voir p. 92).

TABLEAU IV.

1 N°	2 Localité		3 Réf.	4 n° orig.	5		6		7		8 rapport s.	9 âge conv. m.a.
					Pb 206 Pb 204	Pb 207 Pb 204	Pb 208 Pb 204					
I 6a	Sidi Amor	Tu.	132	Be.	79	18.85	15.78	39.17	0.5835	50		
I 3a	Djebel Gustar	Al.	15	Be.	27	18.92	15.85	39.17	0.587	90		
I 3b	Djebel Gustar, (Cérusite)	Al.	129	Be.	42	18.83	15.82	39.04	0.589	115		
I 5k	El Mistoui.	M	132	Be.	128	18.69	15.76	39.07	0.5915	140		
I 10	Air, massif du Tarrouadji, Niger	A.O.F.	136	Be.	101	18.71	15.79	40.31	0.593	170		
I 5j	Sidi Hiah, Rit	M.	132	Be.	78	18.67	15.81	39.25	0.598	220		
I 5e	Jorf Ouazzen, 16 Km. S.E. Oujda	M.	131	Be.	87	18.54	15.77	38.96	0.602	280		
I 7c	Sidi Lahcen, Karrouba, 10 Km S.O. Tedders	M.	131	Be.	108	18.57	15.80	39.11	0.604	285		
I 5i	Tizi n'Recass	M.	132	Be.	127	18.32	15.66	38.63	0.6048	290		
I 5g	Ait Abbes, Jebel Tizzal, 80 Km. N.O. Boulmane	M.	131	Be.	81	18.48	15.77	38.95	0.606	310		
I 11c	riv. Niembo, Mayumbe	C.B.	138	Be.	130	18.57	15.83	38.67	0.606	310		
II 5e	Lower Cable Station Quarry, Cape Town	S.A.	157		18.7	15.9	38.6	0.606	0.606	(1)310		
I 5b	Mibladen, Bou Tazoult	M.	129	Be.	41	18.30	15.67	38.65	0.607	320		
I 5f	Jebel Melias, 6 Km, S.O. Figuig	Al.	131	Be.	107	18.47	15.77	38.99	0.607	320		
I 5d	Touissit, près Bou Beker	M.	131	Be.	82	18.55	15.83	39.16	0.608	330		
I 5h	Imilchil, 20 Km. S.O. Tirrhist	M.	131	Be.	84	18.55	15.83	39.15	0.608	330		
I 14	Ankitokazo, distr. d'Ambilobe	Ma.	145	Be.	136	18.45	15.77	38.90	0.608	330		

(1) Les limites de précision de la mesure conduisent à l'expression 310 ± 450.

I 11a	riv. Mavangu, Toni, Bas-Congo	C.B.	{ 49	Be.	30	18.09	15.93	39.14	0.610	350
ex.III 14j)			{ 129							
I 11b	riv. Mangulu, Toni, Bas Congo	C.B.	138	Be.	88	18.47	15.80	38.77	0.610	350
I 5a	Mibladen, Bou Selloum	M.	{ 15	Be.	26	18.35	15.74	38.72	0.612	370
			{ 129							
I 7h	Tamjout, 50 Km. S.E. Taroudant	M.	132	Be.	125	18.30	15.71	38.04	0.612	370
I 14	Migroky, distr. d'Ambanja	Ma.	145	Be.	137	18.32	15.74	38.82	0.614	390
IIIA 16c	Bukanda, Luapula	N.R.	169	Be.	138	18.52	15.87	39.12	0.615	400
I 7c	Kerkouz, 20 Km. N.N.O. Marrakech	M.	131	Be.	80	18.33	15.76	38.50	0.615	400
I 7f	MFis, près Taouz	M.	132	Be.	126	18.26	15.72	38.58	0.616	410
I 7a	Aouli, Bou Adil	M.	129	Be.	39	18.25	15.73	38.61	0.617	420
I 5c	Mibladen, Carrière O.	M.	129	Be.	40	18.37	15.81	38.80	0.618	430
I 7b	Erdouz, 15 Km. S.O. Amizmis	M.	131	Be.	83	18.23	15.73	38.43	0.619	440
I 7d	Tabouchent, 18 Km. N.O. Marrakech	M.	131	Be.	85	18.52	15.94	39.44	0.622	470
III 14i	Kiseba, près Lubudi, S. Katanga	C.B.	49	Be.	31	18.35	15.83	38.51	0.622	470
III 18b	Village Mine, Penhalonga, Umtali	S.R.	178	T	690	18.28	15.77	38.34	0.6225	475
III 14e	riv. la Mia, près Matadi, Bas Congo	C.B.	48	T.	617	18.32	15.84	38.01	0.625	500
III 14a	Mine de Kipushi, S. Katanga	C.B.	48	T.	195	18.52	15.97	38.38	0.626	510
I 5l	Mibladen (Cérusite)	M.	123	L.	141	18.38	15.90	38.91	0.627	520
I 7g	Gundafa, 1 Km. E. Tizi n'Oucheddene, S. Marrakech	M.	131	Be.	86	17.96	15.63	37.82	0.627	520
III 22a	Agbandi, cercle d'Atakpamé	To.	177	Be.	68	18.08	15.73	37.67	0.628	530
II 15	Kaffo Valley (granite), Liruei, NKano	N.	153	H		18.14	15.78	38.18	0.629	540
III 22b	riv. Kendi, W. de Sokodé	To.	177	Be.	69	18.47	15.97	38.63	0.629	540
III 24	Stavoren Tin Mine, Potgietersrust Dist.	S.A.	179	L.	153	18.14	15.76	38.47	0.629	540
IIIA 16b	Mazabuka	N.R.	169	Be.	139	18.13	15.76	38.12	0.630	550
III 14c	Mulungwishi, S. Katanga	C.B.	48	T.	624	18.26	15.87	38.49	0.633	580
III 14h	Nyamakubi, Kivu	C.B.	49	Be.	35	18.42	15.98	38.52	0.634	590
III 14b	Mine de Kengere, S. Katanga	C.B.	49	Be.	36	18.13	15.78	38.17	0.632	570
III 14b	id.	C.B.	48	T.	196	18.26	15.91	38.35	0.637	620

TABLEAU IV (suite).

1	2		3	4	5	6	7	8	9
N°	Localité		Réf.	n° orig.	Pb 206 Pb 204	Pb 207 Pb 204	Pb 208 Pb 204	rapport s.	âge conv. m.a.
III 14b	id.	(cérusite)	168	L. 142	18.04	15.67	38.01	0.626	510
III 21b	Goutchoumi, 37 Km. N. Garoua	Cam.	176	Be. 70	18.02	15.74	38.36	0.635	600
III 14d	anc. village Kisinga, près Muika, N. Katanga	C.B.	48	T. 618	18.35	15.96	38.06	0.6365	615
III 17a	Tsumeb Mine	S.W.A.	48	T. 625	18.32	15.88	38.66	0.630	550
III 17c	id.	(cérusite)	123b	L. 161	18.27	15.88	38.82	0.633	580
III 17d	id.	(anglésite)	123b	L. 160	18.27	16.07	38.73	0.654	770
III 21a	Hosséré Ribao, subd. Guider	Cam.	176	Be. 66	17.79	15.63	37.86	0.6395	640
III 15c	Mine de MPassa, Niari	A.E.F.	172	Be. 65	18.00	15.77	38.34	0.640	650
III 16a	Mine de Broken Hill	N.R.	50	Gött	18.12	15.83	38.62	0.638	625
III 16	id, autre spécimen	N.R.	48	T. 394	18.25	15.97	38.92	0.645	690
III 15b	Mine de Yanga Koubanza, Niari	A.E.F.	49	Be. 37	17.91	15.72	38.17	0.641	660
III 18	Neardy, près Umtali, Odzi Distr.	S.R.	51	Be. 23	18.21	15.87	37.63	0.636	610
III 18	Neardy, près Umtali, Odzi Distr.	S.R.	51	Be. 22	18.26	15.95	37.90	0.642	665
III 18	Neardy, près Umtali, Odzi Distr.	S.R.	51	Be. 21	18.35	16.04	38.06	0.645	690
III 14k	riv. haute Ruindi, N. Kivu	C.B.	129	Be. 63	18.42	16.06	38.90	0.643	670
III 14g	Mt Homa, Ituri,	C.B.	48	T. 623	18.18	15.92	38.33	0.644	680
III 14l	riv. Ngunde près Moga, Maniema	C.B.	169	Be. 134	18.10	15.89	38.22	0.647	710
III 14f	Mine de Bamba Kilenda, Bas Congo	C.B.	48	T. 197	18.14	15.92	38.48	0.648	720
III 15a	Mine de Hapilo, Niari	A.E.F.	48	T. 198	18.22	15.98	38.54	0.648	720
III 18c	Skipper Mine, Queque	S.R.	178	T. 681	18.02	15.87	38.59	0.650	735

III 21c	près Mamechi sur route de Malantounen	Cam.	176	Be.	67	17.78	15.73	38.17	0.652	760
III 17b	Mine de Abenab (descloizite)	S.W.A.	48	T.	373	17.96	15.88	38.69	0.656	785
IV 14b	Lupopo, près Mitwaba, N. Katanga	C.B.	138	Be.	133	17.75	15.80	37.36	0.663	850
IV(exV 7)	Petite Mobale, près Kamituga, S. Kivu	C.B.	66	T.	621	17.78	15.85	37.53	0.667	880
IV(exV 8c)	Kafuku Tshimboko, W. Katanga	C.B.	67	Be.	48	17.73	15.85	37.85	0.670	910
IV 14a (ex V6)	Mitwaba, N. Katanga	C.B.	65	Gött.		17.76	15.88	37.58	0.672	925
IV 15	Mwendamboko, Namoya, Maniema	C.B.	138	Be.	135	17.56	15.78	37.61	0.676	960
IV(exV 8b)	riv. Senga Senga, E. Kasai	C.B.	67	Be.	34	17.32	15.70	37.25	0.687	1040
IV(exV 8a)	Camp Lubi, E. Kasai	C.B.	66	T.	622	17.52	15.86	37.73	0.689	1065
IV 18a	Ampandranò, dist. d'Ambositra	Ma.	192	Be.	97	17.42	15.84	37.04	0.695	1110
IV 18b	Ambatofanghana, dist. d'Ambositra	Ma.	192	Be.	96	17.48	15.92	37.26	0.700	1140
V 9b	Mine d'Eibus, Wankie	S.R.	193	L.	147	16.79	15.46	37.97	0.703	1170
V 9a (ex IV8)	Keyshamburg Farm, Lower Gwelo	S.R.	60	W		16.59	15.36	37.45	0.709	1215
V 9a (ex IV 8)	id. , id. , même échantillon	S.R.	60	W		16.67	15.50	37.67	0.720	1290
V 9c	Mine de Kambanje, Wankie	S.R.	128	T.	687	16.88	15.66	38.04	0.721	1300
V 10	Appelfonteyn 71, Zoutpansberg Dist.	S.A.	195	L.	154	15.94	15.40	36.76	0.785	1450
VI 3a	Zambula, près Watsa, Kibali	C.B.	66	T.	615	16.18	15.63	36.06	0.792	1750
VI 6a	Besakay, dist. de Tsaratanana	Ma.	192	Be.	95	16.52	15.91	38.02	0.793	1750
VI 6b	Ankisatra, id.	Ma.	145	Be.	142	16.31	15.86	37.72	0.809	1850
VI 6c	Ambatomitsangana, id.	Ma.	145	Be.	141	16.04	15.70	36.83	0.819	1890
VIII 11b	Groenvlei 610, Potgietersrust Distr.	S.A.	43	T.	189	16.28	15.91	36.69	0.821	1910
VI 3b	Dila, près Watsa, Kibali	C.B.	198	Be.	62	15.72	15.50	35.73	0.829	1940
VIII 11a	Stavoren Tin Mine, Potgietersrust Distr. ?	S.A.	43	T.	188	15.64	15.52	36.10	0.842	2010
VIII 12	Uitloop 291, Potgietersrust Distr.	S.A.	210	L.	152	14.97	15.07	34.71	0.863	2110
VIII 16	Andrambo, distr. de Nosy Varika	Ma.	145	Be.		14.83	14.97	35.52	0.867	2140
VIII 6b	Leeuwenkloof 97, Pretoria Distr.	S.A.	210	L.	151	14.92	15.06	34.21	0.869	2140

TABLEAU IV (suite).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
No	Localité	Réf.	n° orig.	$\frac{\text{Pb 206}}{\text{Pb 204}}$	$\frac{\text{Pb 207}}{\text{Pb 204}}$	$\frac{\text{Pb 208}}{\text{Pb 204}}$	rapport s.	âge conv. m.a.
VIII 15a	Banora, Guinée Française	214	Be.	15.38	15.48	35.01	0.8725	2160
VIII 15b	Poura, Haute Volta	214	Be.	14.98	15.13	34.77	0.8725	2160
VIII 15c	Hiré, Côte d'Ivoire	214	Be.	15.17	15.32	35.12	0.876	2180
VIII 15d	Afema, Côte d'Ivoire	214	Be.	100	15.05	34.94	0.879	2190
VIII 15e	Namiankro (Ahunta) Côte d'Ivoire	214	Be.	72	14.84	34.72	0.886	2220
VIII 7	Copper Queen Mine	43	T.	396	15.39	35.17	0.874	2170
VIII 6a	Doornhoek 32, Marico Dist, W. Transvaal	43	T.	191	15.23	35.38	0.906	2310
X 3i	Hidden Treasure Farm, Selukwe	60	W.	14.95	15.61	33.05	0.964	2550
X 3k	Hardy Mine, Darwin	193	L.	14.02	14.74	33.85	0.970	2580
X 3j	Knights Mine, Selukwe	60	W.	14.36	15.20	32.54	0.996	2660
X 3l	S' Ives Mine, Queens, Bulawayo	128	L.	13.74	14.57	33.69	1.000	2680
X 3m	Cobra Mine, Gwanda	199	L.	14.8	14.89	34.05	1.006	2700
IX 9a	Kingsley Hoard Mine, Bindura	193	L.	14.4	13.99	33.97	1.010	2710
IX 9b	S. T. Mine, Bindura	193	L.	14.3	14.16	34.22	1.010	2710
X 3a	Wanderers Rest Mine, Belingwe	84	T.	596	14.06	33.68	1.015	2730
X 4c	Risks Mine, Kakamega	85	T.	395	14.05	34.21	1.03	2790
X 3n	Municipal granite Quarry	128	T.	685	14.14	34.11	1.034	2800
X 3o	Albany Reef, Shangani	128	T.	686	13.88	33.78	1.035	2815
X 3b	Iona West Mine, Penhalonga, Umtali	84	T.	594	14.40	34.39	1.038	2815
X 4a	Borderland Mine, Busia	85	T.	393	14.05	34.24	1.041	2820

X	4b	Filon, Masaba granite	U.	85	T.	500	14.15	15.21	34.20	1.042	2825
X	3p	Golden Ortole Mine, Essex Vale	S.R.	128	T.	683	14.13	15.19	34.16	1.042	2825
X	3q	C.S.C. Mine, Wedza hill, Marandellas Dist.	S.R.	193	L.	149	14.15	15.17	33.86	1.03	2790
X	3g	C.S.C. Mine, id.	S.R.	128	T.	656	14.39	15.50	34.10	1.051	2860
X	3d	Leopard Mine, Lower Gwelo	S.R.	60	W.		13.61	14.66	33.29	1.045	2840
X	3d	Leopard Mine, id.	S.R.	84	T.	592	14.02	15.10	34.14	1.048	2850
X	3g	Church Mine, Essex Vale	S.R.	60	W.		13.80	14.85	33.57	1.043	2830
X	3g	Church Mine, id.	S.R.	91	Be.	19	13.80	14.93	33.75	1.061	2890
X	2a	Sende River bed, près Dalakuru, Sula M ^t	S.L.	84	T.	392	14.01	15.15	34.37	1.061	2890
X	3f	Mafungabusi	S.R.	91	Be.	18	13.66	14.80	33.61	1.066	2900
X	3r	Jessie Mine, Gwanda	S.R.	128	T.	684	14.00	15.21	34.14	1.076	2940
X	3e	Aqua Mine, Belingwe	S.R.	60	W.		13.30	14.50	32.56	1.087	2970
X	2c	Dalakuru, Sula Mountains	S.L.	91	Be.	33	13.56	14.80	33.42	1.091	2990
X	2b	Jirisen, Tonkolili, Sula Montins	S.L.	91	Be.	32	13.50	14.78	33.54	1.102	3020
X	3s	Cactus Mine, Queque	S.R.	128	T.	680	13.79	15.10	33.85	1.103	3030
X	3c	Midlands Farm, Eelingwe	S.R.	84	T.	593	13.62	14.95	33.67	1.11	3040
X	3h	Exchequer Mine, Selukwe	S.R.	91	Be.	24	13.61	14.93	33.41	1.11	3040
X	3h	Exchequer Mine, id.	S.R.	60	W.		13.37	14.67	32.86	1.11	3040
X	3t	Malachite Mine, Gwanda	S.R.	128	T.	681	13.76	15.11	33.70	1.112	3050
X	3u	Clutha Mine, Umtali	S.R.	128	T.	688	13.59	15.02	33.70	1.136	3110
XI	2a	Kokosho, Kule Matundu, Uele	C.B.	48	T.	616	12.81	14.39	32.84	1.208	3310
XI	2a	Kokosho, Kule Matundu, Uele	C.B.	49	Be.	25	12.73	14.32	32.65	1.220	3340
XI	3	Rosetta Mine, Barberton	S.A.	219	L.	155	12.58	14.11	32.77	1.211	3320
XI	3	Rosetta Mine, Barberton	S.A.	48	T.	193	12.65	14.27	32.78	1.234	3370
XI	2b	Kokosho II, Kule Matundu, Uele	C.B.	220	Be.	143	12.63	14.32	32.71	1.258	3430
An	2a	Sub Nigel Mine, Witwatersrand	S.A.	123	L.	159	60.52	24.05	40.21	0.269	—
»	»	id. , id.	S.A.	107	T.	163	58.94	24.10	40.19	0.279	—
»	»	id. , id.	S.A.	107	H-II		61.83	24.55	40.82	0.293	—
»	»	id. , id.	S.A.	107	L.		59.93	24.11	39.82	0.293	—

TABLEAU IV (suite).

1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Localité	Réf.	n° orig.	Pb 206 Pb 204	Pb 207 Pb 204	Pb 208 Pb 204	rappor t s.	âge conv. m. a.
An 2c	Freddies	202	Pret. G4	38.5	19.46	32.96	0.315	—
An 1o	Keimos, Orange River Valley, C.P.	123 ^b	L. 157	20.41	15.66	41.49	0.399	—
An 2b	Sub Nigel Mine, id.	202	Pret. G2	29.9	18.8	38.8	0.416	—
An 1b	Haute Fungwe, Katanga	{ 48	T. 619	20.48	16.11	38.87	0.527	—
An 1c	Chilwa	{ 128	T. 657	19.63	15.83	39.47	0.544	—
An 1a	Ombonna 89, Otjiwarongo Distr.	221	L. 150	18.71	15.52	38.95	0.564	—
An 1d	Palabala, près Matadi, Bas Congo	222	Be. 131	19.34	16.02	39.19	0.579	0
An 1c	Air, massif du Tarrouadji, Niger	136	Be. 101	18.71	15.79	40.31	0.593	170
An 1f	Kitaka Mine, Kitomi, Ankole	{ 48	T. 597	19.67	16.40	38.51	0.597	200
An 1g	Dyasonsklip, Gordonia	221	L. 156	18.09	15.57	37.80	0.611	360
An 1h	Commoner Mine, Gatooma	128	T. 689	17.32	15.16	33.87	0.618	425
An 1i	Manono, N. Katanga	222	Be. 132	18.38	15.82	37.98	0.619	440
An 2d	Ventersdorp, Contact Reef. S. Roodepoort	224	N.P.L. 36	19.94	16.92	33.48	0.631	560
An 1j	Langlaagte 1693, Pietersburg Distr. ?	{ 43	T. 190	18.51	16.33	39.29	0.665	870
An 2e	East Geduld Mine, Witwatersrand	128	T. 192	13.48	16.32	35.00	0.667	880
An 2e	id. , id.	202	Pret. G3	18.35	16.34	34.48	0.679	980
An 2f	id. , id.	179	L. 158	18.03	15.98	34.48	0.662	840

An 2g	C.M.R. Bird Reefs, Witwatersrand	S.A.	223	N.P.L.P.43	17.14	15.81	33.11	0.717	1270
An 2h	Ventersdorp, Contact Reef, S. Roodepoort	S.A.	202	Pret. G1	16.39	15.40	32.21	0.736	1400
An 1k	Besakay, Dist. de Tsaratanana	Ma.	192	Be 95	16.52	15.91	38.02	0.793	1750
An 1l	Ankisatra, id.	Ma.	145	Be 142	16.31	15.86	37.72	0.809	1850
An 1m	Ambatomitsangana, id.	Ma.	145	Be 141	16.04	15.70	36.85	0.819	1890
An 1n	18 miles W. de Fort Victoria	S.R.	128	T. 595	15.02	15.16	33.85	0.883	2210
An 2i	Upper Monarch Reef, (Upper Bird Reef) E. Champ d'Or, Witwatersrand	S.A.	224	N.P.L.P.34	14.35	14.70	32.18	0.897	2280
An 2j	id., Workings, E. Champ d'Or, Witwatersrand	S.A.	224	N.P.L.P.33	14.53	14.92	33.02	0.908	2330
An 2k	Monarch Reef, E. Champ d'Or, Witwatersrand	S.A.	224	N.P.L.P.35	14.20	14.80	32.54	0.946	2480

INDEX GÉOGRAPHIQUE

AFRIQUE ÉQUATORIALE FRANÇAISE (Voir aussi CAMEROUN)

Hapilo (galène)	156
Mpasa (galène)	40, 156
« Saras », Km 102 CFCO, (zircon)	57, 147
Yanga Koubanza (galène)	156

AFRIQUE OCCIDENTALE FRANÇAISE (Voir aussi TOGO)

Afema (galène)	78, 158
Air, massif du Tarrouadji (galène)	23, 93, 154, 160
Banora (galène)	78, 158
Diogué, Casamance (zircon)	55, 147
Grabo (uraninite)	78, 142
Grabo (zircon)	78, 147
Hiré (galène)	78, 158
Niamankro (galène)	78, 158
Poura (galène)	78, 158

ALGÉRIE

Djebel Gustar (galène et cérusite)	19, 154
Djebel Melias ou Jebel Melias (galène)	20, 154
Guelta de Mertoutek (zircon)	22, 146

CAMEROUN

Goutchoumi (galène)	41, 156
Hosséré Ribao (galène)	41, 156
Mamechi, près (galène)	41, 157

CONGO BELGE (Voir aussi RUANDA-URUNDI)

Bamba Kilenda (galène)	156
Boma, près (feldspath potassique)	35, 45, 115, 150
Dila (galène)	59, 157
Haute Fungwe (galène)	93, 160
Haute Ruindi (galène)	39, 156
Homa (Mt) (galène)	156

Kafuku Tshimboko (galène)	157
Kalongwe (uraninite)	35, 134
Kengere (galènes et cérosites)	36, 155, 156
Kipushi (galène)	155
Kiseba (galène)	155
Kisinga ancien (galène)	156
Kokosho (galène)	159
Kokosko II (galène)	92, 159
La Mia (galène)	155
Lubi (camp) (galène)	157
Lugusha (feldspath potassique)	45, 115, 151
Luishya (uraninite)	36, 134
Lupopo (galène)	52, 157
Manono (feldspath potassique)	45, 115, 150
Manono (galène)	54, 93, 160
Mitwaba (galène)	52, 157
Mitwaba (« yttrocrasite »)	51, 115, 136
Mlonga ou Mulonga, Cap (feldspath potassique)	115, 151
Muika (lépidolite)	52, 115
Mulungwishi (galène)	155
Mwendamboko (Namoya) (galène)	52, 157
Ngunde riv., Mt Makundju (galène)	39, 156
Niembo (ruisseau) (galène)	24, 154
Nyamakubi (galène)	155
Palabala (galène)	93, 160
Petite Mobale (galène)	53, 157
Senga Senga (galène)	157
Shinkolobwe (uraninite)	35, 132, 134
Toni, Mangulu (galène)	24, 155
Toni, Mavangu (galène)	24, 155
Zambula (galène)	59, 157

GOLD COAST

Konongo (feldspath potassique)	60, 115, 151
--------------------------------------	--------------

KENYA

Baragoi (monazite)	43, 134
Kinyiki Hill (feldspath potassique)	30, 115, 150
Risks Mine (galène)	158
Tsavo (feldspath potassique)	30, 115, 150
Tura (samarskite)	130
Ussusu (feldspath potassique)	30, 115, 150

MADAGASCAR

Ambantofamgehana	55, 157
Ambatofotsikely (monazite)	130

Ambatomitsangana (galène)	59, 93, 157, 161
Ambindadrakemba (zircon)	29, 146
Ampandrano (galène)	55, 157
Ampanobe (zircon)	58, 147
Andrambo (galène)	81, 157
Ankisatra (galène)	59, 93, 157, 161
Ankitokazo (galène)	27, 154
Antsirabe	142
Befarafara (samarskite)	28, 130
Bemasoandro (uraninite)	130
Benato (zircon)	29, 146
Besakay (galène)	59, 93, 157, 161
Betroka (thorianite)	130
Betroka, Itrongay (zircon)	29, 146
Esira, route (zircon)	29, 146
Manangotry, col (monazite)	55, 136
Migioky (galène)	27, 155
Sahatany (mica lithique)	43, 115
Soafia (thorianite)	130
Voandelaka (euxenite)	134

MAROC

Aït Abbès (galène)	20, 154
Aouli, Bou Adil (galène)	21, 155
El Mistoui (galène)	20, 154
Erdouz (galène)	21, 155
Gundafa (galène)	21, 155
Imilchil (galène)	20, 154
Jebel Melias (<i>Voir</i> Algérie : Djebel Melias)	
Jorf Ouazzen	20, 154
Kerkour (galène)	21, 155
Mfis (galène)	21, 155
Mibladen, carrière O (galène)	19, 155
Mibladen, Bou Selloum (galène)	19, 155
Mibladen, Bou Tazzoult (galène)	19, 154
Mibladen (cérusite)	20, 155
Sidi Hiah (galène)	20, 154
Sidi Lahcen-Karrouba (galène)	21, 154
Tabouchent (galène)	21, 155
Tamjout (galène)	21, 155
Tirgharghrine (mica)	60, 115, 151
Tizi n'Reçass (galène)	20, 154
Touissit (galène)	19, 154

MOÇAMBIQUE

Alto Ligonha (lepidolite)	30, 115
Alto Ligonha (samarskite)	29, 130
Mavuzi (davidite)	130
Ribawe (samarskite)	30, 134

NIGERIA

Bukuru (<i>Voir</i> Naraguta Koro)	
Dogon Daji (mica lithique)	33, 115
Kaffo Valley, Liruei (galène)	31, 155
Kaffo Valley, Liruei (pyrochlore)	31, 130
Naraguta Koro (zircon)	23, 146
? Rayfield (monazite détritique)	31, 130
Shen (zircon)	23, 146

NORTHERN RHODESIA

Broken Hill (galène)	156
Bukanda (galène)	40, 155
Irumi (<i>Voir</i> Lusemfwá)	
Lundazi (bétafite)	29, 130
Lusemfwá (monazite)	115, 142
Mazabuka (galène)	40, 155
Nkana (uraninite)	35, 134

NYASALAND

Chilwa (galène)	93, 160
Tambane district (monazite)	147
Tambane district (zircon)	146

RUANDA-URUNDI

Lufironza (monazite)	52, 136
Runinya (monazite)	115, 142

SIERRA LEONE

Dalakuru (Sula Mountains) (galène)	159
Sende riv., Dalakuru (Sula Mountains) (galène)	159
Sula Mountains (monazite)	142
Yirisen-Tonkolili (Sula Mountains) (galène)	159

SOUTHERN RHODESIA

Albany Reef (galène)	87, 158
Aqua Mine (galène)	159

Beitbridge (concentré radioactif)	74, 142
Beitbridge (microcline)	74, 151
Beitbridge (titanite)	140, 142
Bikita Quarry (mica)	83, 151
Bikita Quarry (lépidolite)	84, 115
Cactus Mine (galène)	87, 159
Church Mine (galène)	159
Cobra Mine (galène)	87, 158
Commoner Mine (galène)	93, 160
Copper Queen Mine (galène)	158
Clutha Mine (Umtali) (galène)	88, 159
C. S. C. Mine (galène)	87, 159
Ebonite Tantalum Claims (monazite)	142
Elbus Mine (galène)	56, 157
Exchequer Gold Mine (galène)	159
Forfar Farm, Shangangwe Peak (lépidolite)	84
Fort Victoria, W. de (galène)	93, 161
Golden Oriole (galène)	87, 159
Hardy Mine (galène)	87, 158
Hidden Treasure Farm (galène)	158
Iona West Mine (galène)	158
Jack Tin Claims (monazite)	142
Jessie Mine (galène)	87, 159
Kamandje Mine (galène)	57, 157
Keynshamburg Farm (galène)	57, 157
Kingsley Hoard Mine (galène)	85, 158
Knights Mine (galène)	158
Leopard Mine (galène)	159
Mafungabuzi (galène)	159
Malachite Mine (galène)	87, 159
Miami (Nord de) (columbo-tantalite radioactive) ..	25, 115, 130
Midlands Farm (galène)	159
Municipal Granite Quarry, Bulawayo (galène)	87, 158
Nearby (galène)	156
Pope Tantalum Mine (lépidolite)	115, 151
Pope Tantalum Mine (lépidolite)	84, 115
Pope Tantalum Mine (microlite)	142
Sebakwe riv. (granite)	90, 151
Skipper Mine, Queque (galène)	44, 156
St. Ives Mine (galène)	87, 158
S. T. Mine (galène)	85, 158
Urungwe (<i>Voir</i> Zambesi View Claims).	
Village Mine, Penhalonga (galène)	43, 155
Wanderers Rest Mine (galène)	158
Zambesi View Claims, Urungwe, N. Miami (bétafite)	25, 130

SOUTH WEST AFRICA

Abenab (descloizite)	157
Karibib, district (lépidolites)	45, 115
Kinderzitt (lépidolite)	51, 115
Ombonna 89 (galène)	93, 160
Tsumeb (galène)	156
Tsumeb (cérusite)	43, 156
Tsumeb (anglésite)	43, 156

SWAZILAND

Kelley Mine (yttrotantalite)	75, 142
Kubuta (lépidolite)	90

TANGANYIKA

Hombolo (lépidolite)	86, 116
Morogoro (uraninite)	134
Uluguru (<i>Voir Morogoro</i>).	

Togo

Agbandi (galène)	42, 155
Kendi, riv. (galène)	42, 155

TUNISIE

Sidi Amor (galène)	20, 154
--------------------------	---------

UGANDA

Borderland Mine (galène)	158
Buganda (<i>Voir Lunya, M'Bale et Nampeyo</i>).	
Kagadi (<i>Voir Nanseke</i>).	
Kigezi (<i>Voir Ruhuma</i>).	
Kitaka Mine (galène)	93, 160
Lunya (lépidolite)	60, 116
Masaba granite (galène)	159
M'Bale (lépidolite)	60, 116
Nampeyo (lépidolite)	60, 116
Nanseke (euxénite)	49, 136
Ruhuma (lépidolite)	54, 116

UNION OF SOUTH AFRICA (*Voir aussi SOUTH WEST AFRICA*).

Appelfonteyn 71	57, 157
Babrasco Mine (thucholite)	63, 140

Bak River (<i>Voir</i> Boksputs).	
Blijvooruitzicht Mine (uraninite et thucholite)	63, 140
Boksputs (uraninite)	49, 136
Cape Town (biotite)	33
Cape Town (feldspath potassique)	34, 150
Cape Town (galène)	34, 154
Cape Town (mica)	34, 150
Cape Town (zircon)	34, 131
C. M. R. Bird Reefs (galène)	94, 161
Dominion Reefs Mine (uraninite)	63, 140
Doornhoek 32	77, 158
Dyasonsklip, Gordonia (galène)	93, 160
East Champ d'Or (galènes)	94, 161
East Geduld Mine (galène)	46, 94, 116, 160
Free State Development Mine, « Freddie's » (galène)	94, 160
Free State Development Mine, « Freddie's » (uraninite) ..	62, 138
Goodhouse (monazite)	46, 134
Gordonia (<i>Voir</i> Boksputs et Dyasonsklip).	
Govt. Gold Mining Areas, Black Reef (thucholite)	62, 138
Groenvlei 610 (galène)	47, 76, 116, 157
Houtenbek (monazite)	46, 47, 134
Jakkalswater (feldspath)	50, 151
Jakkalswater (lépidolite)	51, 115
Jakkalswater (mica)	50, 151
Keimos, Orange river valley (galène)	93, 160
Langlaagte 1693, ? (galène)	45, 93, 160
Leeuwenkloof 97 (galène)	76, 116, 157
Letaba (lépidolite)	86, 116
Loolekop (thorianite)	75, 142
Marievale (uraninite et thucholite)	62, 138
Rosetta Mine (galène)	90, 159
South Roodeport (galènes)	94, 160, 161
Stavoren Tin Mine (galène)	44, 47, 76, 116, 155, 157
Steenkamskraal Farm (monazite)	49, 136
Sub Nigel Mine (galène)	93, 94, 159, 160
Sub Nigel Mine (uraninite)	61, 62, 63, 64, 136, 138, 140
Uitloop 291 (galène)	76, 157
Western Reefs Mine (uraninite et thucholite)	62, 138
Wit Nigel Mine (uraninite)	63, 138

