

MICROFICHE ETABLIE A PARTIR DE
L'UNITE DOCUMENTAIRE
N

جديدة منجزة حسب الوثيقة
رقم :

72-1075

ROYAUME DU MAROC

المملكة المغربية

المركز الوطني للوثائق
CENTRE NATIONAL DE DOCUMENTATION

SERVICE DE REPROGRAPHIE
ET IMPRIMERIE

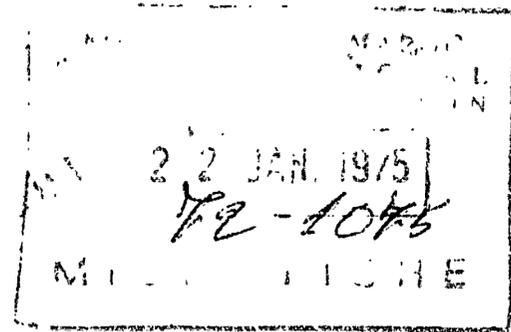
B.P 826 RABAT



مصلحة الطباعة والتصوير
ص.ب 826 الرباط

F

1



Au sujet des rajeunissements des âges isotopiques

+ G. CHOUBERT & A. FAURE-MURET*

Résumé	146
Abstract	146
ETUDE DU PHENOMENE DU RAJEUNISSEMENT	146
Evolution des conceptions en géochronologie	146
Deux théories opposées	147
Idées modernes sur les rajeunissements	148
Problèmes posés par le mécanisme des rajeunissements	149
Ages reliques — type A et type B	149
Datation géologique des ensembles rajeunis de l'Anti-Atlas	151
Rajeunissements différentiels	151
Exemples de rajeunissements dans le Précambrien d'Afrique	152
Rajeunissements éburnéens du socle ancien	152
Rajeunissements tardi- et post-éburnéens	152
Rajeunissement mayombien	152
Rajeunissement par la Matsap orogeny	153
Episode thermo-tectonique pan-africain de 500 à 600 Ma.	153
PROBLEMES GEOCHRONOLOGIQUES DE L'AHAGGAR	154
Caractères radiométriques	154
Le Pharusien supérieur et ses équivalents anti-atlasiques	154
Contrôle par la géochronologie	155
Contrôle par les séries sus-jacentes : les « Poudingues pourprés »	157
Pharusien inférieur <i>s.l.</i> comparé aux séries anti-atlasiques	159
Parallélismes probables	160
Parallélismes basés sur les faciès	160
Parallélismes basés sur les ophiolites	160
Histoire géologique résumée des deux Domaines	161
Quelques conséquences	162
L'événement de 600-500 Ma	162
Problème des Stromatolites de la bordure de Tassendjanet	162
Problème du synchronisme des « ophiolites »	162
Problème du synchronisme des venues granitiques	163
Conclusions	163
Annexe : Corrélations géochronologiques	164
Géochronologie de l'Anti-Atlas	164
Corrélations géochronologiques africaines	165
Références	166

* Bureau de Cartographie géologique internationale, 36, rue Geoffroy-Saint-Hilaire, 75 - Paris 5^e, France, et Equipe de recherche du CNRS n° 97 associée au Muséum national d'Histoire naturelle.

Résumé : Les auteurs font d'abord un rapide historique de l'évolution des idées en radio-géologie ; ils exposent ensuite les conceptions modernes sur les « rajeunissements » des âges isotopiques. Après cette première partie, on passe en revue les différents cas de rajeunissement des formations précambriennes de l'Afrique : les rajeunissements éburnéens (2000-1800 Ma), mayombiens (1600-1500 Ma), matsapiens (± 1000 Ma), pour arriver enfin à l'événement thermo-tectonique pan-africain (600-500 Ma).

Pour terminer, les auteurs étudient le rajeunissement « pan-africain » dans le domaine saharien. Ils proposent l'hypothèse du parallélisme des séries du type de Précambrien III avec la première série des « Poudingues pourprés » — la série de Tagengant — ainsi que celle du Précambrien II-III avec la « Série verte » de l'Ahaggar. Ceci entraîne l'équivalence de l'ensemble Pharusien inférieur *s.l.* avec les deux autres systèmes du Précambrien moyen de l'Anti-Atlas : Pr. I-II et Pr. II. Elles seraient représentées respectivement par la série des quartzites et calcaires, et la « Série alcaline » comportant des métarhyolites, felsites et gneiss.

Abstract: The authors will first do a short historical summary of the evolution of ideas on radiogeology. They will then expose modern conception of the rejuvenation of the isotopic ages. After this first part, they will survey the different cases of rejuvenation of African Precambrian formation: Eburnean (2000-1800 m.y.), Mayombian (1600-1500 m.y.), Matsapian (± 1000 m.y.) rejuvenations to come to the panafrican thermo-tectonic event (600-500 m.y.).

To end with, the authors will study the Panafrican rejuvenation in the saharian area. They will suggest the hypothesis of the parallelism of the series of the Precambrian III type with the first serie of "Poudingues pourprés" — the Tagengant serie — just as the Precambrian II-III type with the Ahaggar "green serie". This leads to the equivalence of the lower S.L. Pharusian set with the two other system of the Anti-Atlas middle Precambrian system: Pr. I-II and Pr. II.

They would be respectively represented by the series of the quartzites and limestones and the "alcaline serie" including metarhyolites, felsites and gneiss.

ETUDE DU PHENOMENE DU « RAJEUNISSEMENT »

Evolution des conceptions en géochronologie

Au commencement des études radiométriques des roches, on pensait que les chiffres obtenus correspondaient obligatoirement à leurs « âges absolus », c'est-à-dire aux âges de leur mise en place. Cependant, on s'est aperçu rapidement qu'on pouvait obtenir des âges différents sur des roches provenant de la même formation géologique, voire du même massif plutonique, et ceci en utilisant la même méthode d'analyse. Les chiffres obtenus étaient aussi, le plus souvent, différents quand on utilisait différentes méthodes sur les mêmes échantillons : ceux obtenus par K/A étant généralement plus récents que les résultats de Rb/Sr.

On a constaté aussi que les différents minéraux extraits des mêmes roches — tels que biotite, muscovite, feldspaths potassiques, etc..., — donnaient des âges différents et souvent plus récents que les âges établis sur « roche totale ». A la Réunion de

l'A.S.G.A. à Lusaka en 1962, J. Lepersonne a fait état d'une lame de muscovite de pegmatite dont une extrémité avait donné l'âge kibarien tandis que l'autre était d'âge katanguien.

Le nombre de mesures augmentant sans cesse, on a constaté un développement extraordinaire, en Afrique, des âges oscillant entre 500 et 600 Ma. Or souvent c'étaient des roches appartenant à des séries qui, non loin de là, donnaient des âges anciens. De tels résultats aberrants ont d'abord fait penser à des venues magmatiques (granitiques) récentes ; cependant, très vite, est née l'idée de « rajeunissements » du matériel ancien.

Elle s'appliqua d'abord aux résultats obtenus par K/A. En effet, l'idée du départ d'argon sous l'effet de compressions tectoniques ou de réchauffements, a semblé plausible. Par contre, on était réticent pour l'appliquer aussi aux âges obtenus par

Rb/Sr, car la disparition complète du Sr radiogénique paraissait invraisemblable. On voulait bien admettre de telles disparitions par diffusions pour les différents minéraux extraits d'une roche, mais l'analyse sur « roche totale » devait retrouver la totalité du Sr radiogénique diffusé à partir de ces minéraux.

Or, il a bien fallu rapidement se rendre à l'évidence que même les analyses en Rb/Sr sur « roche totale » donnaient pour de vastes régions des âges rajeunis sans rapport avec l'âge établi ou suggéré par l'étude géologique.

Il y a lieu de signaler que les termes de « rajeunissement » ou « rejuvenation » (pris de l'anglais) ne sont pratiquement plus utilisés par les géochronologistes, qui préfèrent les termes de « réactivation » ou d'« homogénéisation isotopique ». Ce phénomène se produirait pendant le temps où « le système reste ouvert », et cesserait au moment où il se « ferme ». En effet, à partir de ce moment là, le Sr radiogénique s'accumule de nouveau dans les édifices cristallins contenant les éléments radioactifs.

C'est peu après que L.O. Nicolaysen (1962) a proposé l'utilisation des « courbes isochrones » qui permettent une meilleure précision dans l'exploitation des résultats d'analyses. Cependant, cet auteur précise que *« dans les régions rajeunies, les « courbes isochrones » ne peuvent traduire que les âges rajeunis »*.

Malheureusement, la plupart des utilisateurs de ces courbes les ont considéré comme un moyen infaillible pour obtenir l'âge de mise en place des roches. On a même cessé de calculer les âges « ponctuels » ou « apparents », étant donné que la valeur du « rapport initial » de ^{87}Sr n'était

pas connu avec assez de précision. Or, la dispersion des âges apparents est le meilleur argument pour reconnaître l'état rajeuni d'un massif ou d'une série. Par contre, la courbe isochrone égalise les résultats obtenus et ne permet pas d'évaluer les écarts des âges, caractéristiques des roches rajeunies.

Il est très difficile de contrecarrer cette fâcheuse interprétation des courbes isochrones, interprétation soutenue par les physiciens. En effet, on ne veut pas admettre qu'un granite puisse perdre ses produits radiogéniques sans subir une refonte. Un certain nombre d'exemples sont cependant venus pour confirmer qu'en cas de rajeunissement, les roches « pouvaient changer de courbe isochrone ». Le premier de ces exemples est le cas des gneiss gris de Kheis (Afrique du Sud) (Nicolaysen & Berger, 1965) qui donnent des âges de la Matsap orogeny (± 1000 Ma) au lieu de 3000 Ma prévus (nous y reviendrons plus loin).

Un autre est fourni par l'Anti-Atlas (Maroc) où toutes les rhyolites à partir de 1500 Ma et jusqu'à environ 850 Ma, s'alignent selon la courbe isochrone calédonienne (taconique : 400 à 440 Ma) et pourtant toutes ces roches sont antérieures aux premiers Trilobites du Cambrien inférieur (Charlot & al., 1970).

A la courbe isochrone est venue s'ajouter la courbe Concordia construite d'après les plombs radiogéniques des zircons. Dans la plupart des cas, cette courbe donne les mêmes résultats que la « courbe isochrone ». C'est en particulier le cas déjà cité plus haut des gneiss gris de Kheis. Ceci démontre que dans certaines conditions de « système ouvert », les produits radiogéniques des zircons diffusent et disparaissent de la même façon que ^{87}Sr ou ^{40}Ar .

Deux théories opposées

Au fur et à mesure de l'avancement du travail géochronologique, deux théories se sont individualisées et les géologues, ainsi que les physiciens, se sont partagés en deux camps adverses. Les uns « croient » dans la courbe isochrone, censée donner l'âge absolu des roches. Les autres prétendent que dans certaines conditions, peut-être encore mal définies, de température et peut-être de pression, appliquées suffisamment longtemps, toutes les roches peuvent « rajeunir ». Ce processus commencerait par le rajeunissement de l'âge des minéraux (d'abord la biotite, puis le feldspath, suivi de la muscovite, et enfin l'amphibole) et se terminerait par celui des roches totales. Dans ces cas, les courbes isochrones ne peuvent donc traduire autre chose que l'âge de ces rajeunissements. Un rajeunissement total pourrait affecter tous les éléments radiogéniques.

^{40}Ar (le plus sensible), ^{87}Sr , ainsi que les plombs des zircons. Le meilleur signe d'un rajeunissement serait la dispersion des résultats obtenus par des méthodes différentes sur le même échantillon ou par la même méthode sur échantillons différents de même provenance (voir plus haut).

La plupart des physiciens se sont retrouvés dans le premier camp. Ceci est normal, car ce sont eux qui mettent au point les méthodes et les justifient. En outre, ils sont moins accessibles aux arguments géologiques.

Parmi les géologues, ceux qui travaillent dans les « zones stables » admettent plus facilement la possibilité de rajeunissement des « zones mobiles » que ceux qui ont à faire précisément à de telles zones. Cependant, même ces derniers admettent le

rajeunissement des âges des minéraux isolés, des résultats obtenus par K/A, etc... Ils vont même jusqu'à admettre que la méthode au Sr peut donner des résultats rajeunis, tant que ces rajeunissements restent sporadiques, partiels ou locaux. Mais ils n'admettent pas les rajeunissements à l'échelle d'un pays ou d'une chaîne.

Parmi les adeptes du premier camp, il faut citer surtout R. Black, qui a résolument pris parti contre les rajeunissements régionaux et essayait de prouver coûte que coûte que telle zone d'apparence ancienne (Dahomey, Nigeria, Aïr, etc...) était en réalité une « chaîne géosynclinale » d'âge récent (1967). Par sa position résolue et ses raisonnements d'apparence logique, il a entraîné derrière lui un grand nombre d'hésitants et, de ce fait, a retardé de nombreuses années la solution rationnelle d'un grand nombre de problèmes.

Les modernes sur les rajeunissements

Actuellement, le camp des adeptes des « rajeunissements » gagne nettement du terrain. Par exemple, dans une réunion internationale comme celle de la Commission de la Carte Géologique du Monde, qui s'est tenue à Paris du 16 au 22 Mars 1970, aucun des orateurs ne les mettait en doute.

Il ressort de ces débats (en particulier, intervention de H.R. von Gaertner) que le rajeunissement isotopique est dû essentiellement à des causes thermiques (voir aussi S. Moorbath, 1965). Les âges radiométriques ne correspondent pas nécessairement au moment de la mise en place d'une roche ou d'un métamorphisme. Ils ne représentent qu'un stade dans le refroidissement d'un massif ou d'un ensemble régional, c'est-à-dire un stade dans leur exhaussement. Les produits radiogéniques tels que ^{40}Ar ou ^{87}Sr ne sont retenus quantitativement dans les réseaux cristallins des minéraux (« systèmes fermés ») qu'à une température inférieure à 150°-300°. Au-delà, c'est-à-dire à une température plus élevée, tous les systèmes restent « ouverts » et les produits radiogéniques se perdent par diffusion. L'âge radiométrique traduit donc un exhaussement orogénique d'une chaîne, suivi du rabotage par l'érosion et du refroidissement. Au contraire, un affaissement ou effondrement tectonique ou simplement un flux thermique, s'ils atteignent la température voulue (150°-300°), provoquent une nouvelle « ouverture du système » et la perte des produits radiogéniques, autrement dit, un effacement de tous les âges anciens.

Si on admet le cas moyen banal de degré géothermique de 1° par 33 m, la température de rajeunissement (300°) sera atteinte à 10 km de profondeur (et même à 5 km seulement pour 150°). Elle sera encore moindre en cas d'un flux thermique

R. Black a été précédé par les auteurs belges (Picciotto, Ledent & Lay, 1965) qui avaient établi qu'au Hoggar, le Suggarien, le Pharusien, les granites syntectoniques et post-tectoniques, en somme toutes les roches qui affleurent à l'Est du grand fossé Pharusien, étaient du même âge 500-600 Ma : cet âge étant considéré comme celui de l'orogénie ou plutôt de la mise en place des roches et non comme un âge rajeuni. Du même coup, la géologie n'existait plus et seule la géochronologie comptait... Fait étrange, ce travail a eu beaucoup de succès et encore maintenant plusieurs auteurs s'efforcent de démontrer que les granites syntectoniques de l'Ahaggar sont du même âge (voire même plus jeunes !) que les granites post-tectoniques, qui pourtant les traversent ! (voir p. ex. la note de J. Boissonnas & al., 1969).

anormal, le « front de rajeunissement » s'approchant alors de la surface.

La distribution sur notre globe des zones rajeunies est donc régie par l'exhaussement orogénique des « zones mobiles » et leur aplanissement par l'érosion, en sous-entendant par le terme de « zones mobiles » autant les chaînes orogéniques en voie de formation ou qui viennent de se former, que des chaînes anciennes, depuis longtemps aplanies mais susceptibles d'être reprises et exhaussées par suite d'une cratonisation insuffisante. Il est clair que des rajeunissements ont eu lieu à toutes les époques orogéniques. En effet, la destruction des chaînes de montagne avec mise à jour des couches plus ou moins anciennes ayant subi un réchauffement à 150°-300° a nécessairement comme résultat l'apparition d'une zone rajeunie.

Cependant, il n'est nullement besoin que la zone exhaussée soit une chaîne plissée. Le soulèvement, puis l'aplanissement, d'un bouclier ou d'une « zone mobile » donnera également de vastes régions rajeunies.

H.M.S. Schürmann (1964) a proposé d'expliquer le rajeunissement du « Mozambique belt » par des courants de convection. S.K. Runcorn évoque également de tels courants pour tout ce qui a trait à la dérive des continents (Colloque de Villefranche, 1968).

Or, on constate, en particulier en Afrique, que toute une série de manifestations magmatiques ou autres est liée aux zones mobiles rajeunies à 500-600 Ma :

- Les alignements de Younger granites,
- La grande majorité des volcans récents (Miocène-Quaternaire),

- La plupart des Rifts et des alignements de grands accidents, y compris les « cassures océaniques » suivies de dérive des continents,
- Les principales concentrations de gîtes métallifères (Clifford, 1966).

Cette liste succincte pourrait appuyer l'hypothèse de mouvements du manteau qui détermineraient les zones mobiles. De tels mouvements devaient être particulièrement actifs précisément au cours de l'épisode thermo-tectonique pan-africain de 500-600 Ma (Kennedy, 1966).

Problèmes posés par le mécanisme des rajeunissements

Si l'existence et la généralité des rajeunissements n'est plus à prouver, certaines particularités du mécanisme de la perte des éléments radiogéniques gardent encore leur mystère.

En voici quelques exemples :

AGES RELIQUES : TYPE A ET TYPE B

On constate couramment la présence en quelques rares points au sein d'un massif rajeuni, de roches ayant conservé leur âge ancien. Il semble que de tels « âges reliques » peuvent se rencontrer dans deux cas.

TYPE A : On peut prendre comme exemple du premier cas celui des granites du Tazeroualt (Anti-Atlas occidental). Dans deux points fort éloignés l'un de l'autre, ces granites ont donné des âges anciens (Rb Sr sur roche totale) de 2550 Ma (gué de l'Oued Amarhous) et 2450 Ma (montée de Tasserhirt). Par contre, la grande majorité des mesures effectuées sur les mêmes granites s'alignent sur deux courbes isochrones : de 1940 et de 1650 Ma (nous y reviendrons plus loin).

Le plus curieux est le cas du minuscule pointement du gué de l'Oued Amarhous qui ne fait même pas un km². Or, en plus de l'âge ancien (2550 Ma) il a donné également des âges plus jeunes s'alignant sur la courbe de 1650 Ma. Péetrographiquement, il s'agit d'un granite alcalin passant à des pegmatites. Ce sont ces dernières qui ont conservé l'âge ancien. Par contre, le granite de Tazeroualt normal est calco-alcalin.

Rappelons que les exemples les plus typiques des « âges reliques » de ce premier type, c'est-à-dire des âges anciens conservés par des pegmatites ou par les variétés les plus alcalines d'un massif de granite calco-alcalin, sont connus dans le système d'Am-saga en Mauritanie : pegmatites de Stal Agmane, de Khatt Atoui, de Khnefissat, etc... (Giraudon & Vachette, 1964).

TYPE B : Un exemple du deuxième cas est fourni par la chaîne des Anti-Atlasides orientales dont l'âge est évalué à ± 1000 Ma.

Toutes les roches de cette chaîne — notamment

les rhyolites de base du Précambrien II-III et les granites liés à la chaîne (par exemple l'immense massif de Tifnout-Ouzellarh) — sont rajeunies par les orogénies baikalienne (550 Ma), calédonienne (400-450 Ma), ou hercynienne (300-350 Ma). Or, en un point, *un seul pour le moment*, situé dans le massif des Id-ou-Iloun à l'Ouest du Siroua, le granite a conservé son âge ancien. Selon le rapport initial utilisé, il daterait de 1018 ± 15 Ma ou de 935 ± 40 Ma. En effet, le rapport initial choisi a dans ce cas une très grande importance car la teneur en ⁸⁷Sr y est très faible.

De ce fait, cette mesure est considérée comme peu satisfaisante par les géochronologistes. La même opinion est exprimée quand on évoque les trois ou quatre mesures de l'ordre de 1000 Ma (960 ± 95 , 1157 ± 114 et 1210 ± 110 Ma) découvertes dans l'Ahaggar (Picciotto & al., 1965).

A notre sens, le mystère de ces âges reliques vient d'être levé par H.W. Fairbairn & P.M. Hurley (1969), quoique ces auteurs ne donnent pas exactement la même interprétation du phénomène que celle que nous proposons.

Ils ont obtenu des courbes isochrones de fort curieuse allure, basées sur un très grand nombre de mesures. Chacun de leurs diagrammes présentés sur la fig. 1 comporte deux parties : la partie de droite comporte les mesures sur les roches alcalines, celle de gauche groupe les roches basiques. La dispersion des résultats indique sans conteste qu'il s'agit de roches plutoniques ou volcaniques intensément rajeunies par plusieurs phases orogéniques s'échelonnant de 600 à 200 Ma. Ce rajeunissement est le plus faible (ou même nul) pour les roches basiques dont l'isochrone est différente de celle (ou celles) des roches acides et donne l'âge le plus ancien, le plus proche de l'âge véritable des roches étudiées.

Ainsi les « mauvaises » analyses — rejetées par les géochronologistes — sont précisément les seules utilisables par le géologue, car ce sont les âges reliques du type B, c'est-à-dire conservés par les roches pauvres en ⁸⁷Sr. Ce sont donc en réalité de très bonnes analyses et on ne saurait trop conseiller aux géologues de rechercher dans les zones fortement rajeunies précisément ces roches-là.

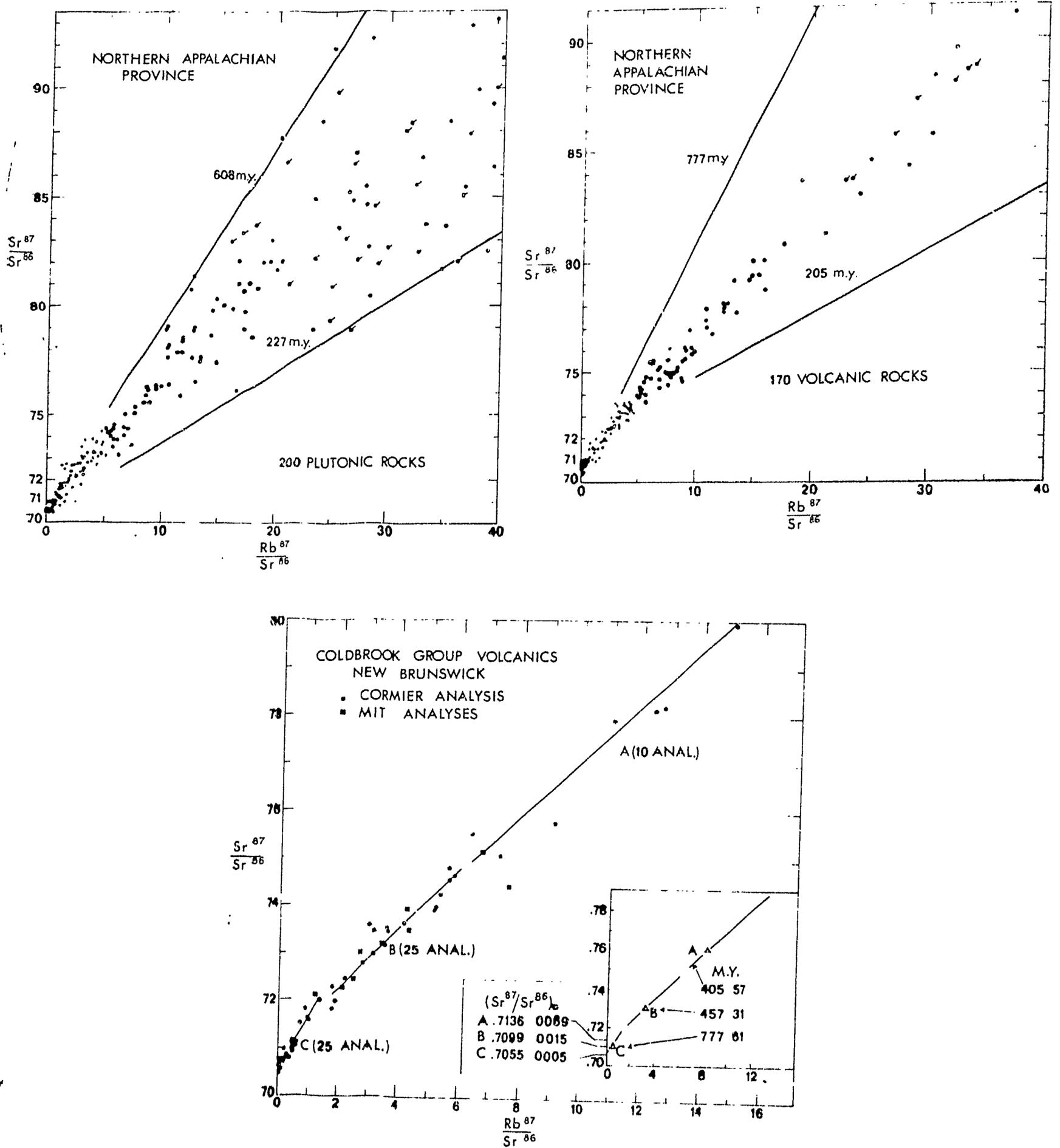


FIG. 1 : Trois exemples de courbes isochrones à rajeunissements multiples de type B (extrait de la note de H.W. Fairbairn & P.M. Hurley: Northern appalachian geochronology as a model for interpreting ages in older orogens. M. I. T. 17 th. Ann. Progr. Rep. 1969, pp. 11-17 --- (Publié avec la permission des auteurs que nous tenons à remercier).

*DATATION GEOLOGIQUE
DES ENSEMBLES RAJEUNIS DE L'ANTI-ATLAS*

Si le rajeunissement d'un ensemble précambrien est complet et le nombre des âges reliques considéré comme insuffisant, on doit recourir aux arguments géologiques pour démontrer la réalité du rajeunissement.

Dans le cas des granites des Anti-Atlasides orientales, cités ci-dessus, et dont l'âge est évalué à \pm 1000 Ma (7 mesures : 934, 561, 547, 497, 487, 397 et 385 Ma) le rajeunissement par les orogénies paléozoïques ne peut pas présenter de doute.

En effet, la chaîne des Anti-Atlasides orientales est surmontée par le Précambrien III et l'Adoudoumien avant d'arriver au Cambrien inférieur à Trilobites.

Par contre, pour les granites du Tazeroualt où, comme nous venons de le dire, la plupart des échantillons s'alignent sur les isochrones de 1940 et 1650 Ma, on peut se demander s'il s'agit de rajeunissements ou de nouvelles mises en place de granites. Il est évident que seule l'étude géologique et pétrographique pourra résoudre ce problème.

Pétrographiquement, tous les granites du Tazeroualt se ressemblent. Ils montrent tous une rétro-morphose très forte et très constante, qui est caractérisée par le développement de formes bien cristallisées des minéraux de néoformation : séricite, muscovite, épidote, zoïsite, leucoxène, chlorite. Dans aucun autre granite de l'Anti-Atlas on ne retrouve cette particularité.

Géologiquement, les massifs qui appartiennent à la première ou à la deuxième isochrone ne se correspondent pas sur le terrain. Ainsi les granites du plateau de Tasserhirt, qui donnent 1650 Ma, se continuent vers l'Ouest par ceux d'Annameur datant de 1940 Ma. Or c'est également l'âge donné par les granites de Tazeroualt même, qui appartiennent à un tout autre ensemble géologique. De même nous venons de dire que le minuscule affleurement de l'Oued Amarhous donne tantôt 2550 Ma, tantôt 1650 Ma. Ajoutons à cela que la chaîne des Anti-Atlasides centrales (Précambrien I-II) datant précisément de 1600-1650 Ma, n'est jamais granitisée.

Il semble donc que l'ensemble de ces arguments oblige à considérer tous les granites de Tazeroualt comme appartenant aux Zagorides (2600 Ma), mais ayant subi des rajeunissements différents autant par l'orogénie des Berbérides que par celle des Anti-Atlasides centrales.

RAJEUNISSEMENTS DIFFERENTIELS

Un autre mystère de réajustement isotopique consiste dans un rajeunissement inégal ou plutôt différentiel des roches ou formations de nature différente. D'une façon générale tout se passe comme

si les roches les plus récentes subissaient un rajeunissement plus important que les formations anciennes.

On peut donner comme exemple typique le rajeunissement du granite de Tafraoute et de celui des Aït-Yahya à 500 Ma, tandis que leur âge véritable doit être au moins de l'ordre de 1200-1300 Ma. Par contre, les granites et migmatites de Tazeroualt qui entourent le massif de Tafraoute au SE, gardent leur rajeunissement ancien de 1650 Ma sur le Plateau de Tasserhirt, et 1940 Ma dans la région d'Annameur. Tout se passe ou bien comme si le réchauffement du granite de Tafraoute s'était opéré plus vite que celui des massifs du granite de Tazeroualt voisins, ou bien son exhaussement a été plus énergique.

De même on sait (Charlot & al., 1970) que le rajeunissement récent calédonno-hercynien a été très important dans les roches du Précambrien III et du Précambrien II-III, où toutes les rhyolites ainsi que les granites associés ont été entièrement rajeunis. Par contre, les granites anciens comme par exemple celui du gué de l'Oued Amarhous, ont pu garder leur âge ancien (2550 Ma pour le granite d'Amarhous).

D'ailleurs, le tableau des âges isotopiques du Précambrien de l'Anti-Atlas (Tabl. 2) ne comporte presque pas d'âges rajeunis au Paléozoïque pour les roches du Précambrien 0 et I. Ces rajeunissements récents apparaissent dès le début du Précambrien moyen (Pr. I-II et Pr. II) et deviennent la règle dès le Précambrien II-III.

Cet état de choses peut trouver un début d'explication dans l'éloignement des massifs du Précambrien ancien de la zone frontale du continent africain exhaussé au cours du plissement des chaînes récentes du Nord (Domaine Atlasique) et de l'Ouest (Amérique). Cependant ceci n'explique pas tous les cas anormaux.

En effet, la nature des roches intervient également. Ainsi les laves, notamment les rhyolites, les trachytes, etc..., ainsi que les granites ou syénites subvolcaniques associés, se rajeunissent avec une facilité déconcertante. Ceci a été observé non seulement au Maroc (Charlot & al., 1970) mais un peu partout dans le monde. Ainsi, après l'intervention de l'un de nous (G. Ch.) à ce sujet au 5^{ème} Colloque de Géologie Africaine tenu à Clermont-Ferrand, L. Cahen a confirmé que tout le monde était d'accord sur le fait que les laves acides étaient incapables de garder leur âges originels. Cela s'explique sans doute par le fait que les produits radiogéniques s'y trouvent non pas dans des réseaux cristallins, mais dans le verre et de ce fait peuvent diffuser avec la plus grande facilité.

Par contre, dernièrement, M. Rocques nous a fait remarquer que, de toutes les roches, ce sont les charnockites qui gardent le mieux leurs âges anciens.

Or précisément, R. Caby se base sur le fait que les rhyolites et granites associés d'In-Zize ont donné un âge récent (550 Ma) tandis que les charnockites (Ouzzalien) sous-jacentes ont gardé leur âge de 2700 Ma, pour affirmer que ces rhyolites sont

effectivement cambriennes. En réalité c'est un exemple typique de rajeunissement différentiel, les deux séries de roches réagissant différemment de par leur nature aux événements de rajeunissement (réchauffements?).

Exemples de rajeunissements dans le Précambrien de l'Afrique

RAJEUNISSEMENTS EBURNEENS DU SOCLE ANCIEN

L'orogénie éburnéenne (2000-1900 Ma) a très profondément influencé les formations géologiques plus anciennes (datant des orogénies de 2700, 3000, etc... Ma). Ainsi, dans la Dorsale réguibat, toutes les formations anciennes — la série de Chegga, la série de Ghallamane, etc..., — considérées comme archéennes, donnent régulièrement des âges radiométriques (autant les âges isolés qu'isochrones) voisins de 2000 Ma (Lasserre & Lameyre, 1969). Au SW, la série d'Amsaga est également intensément rajeunie et les âges anciens (2750 Ma) n'y apparaissent que pour certaines pegmatites (Stal Ogmane, Tasiast, etc...) (Giraudon & Vachette, 1964).

Au Maroc, dans les Zagorides, on retrouve des faits semblables. Nous venons de voir que les âges anciens (2550, 2450 Ma) des granites du Tazeroualt sont des exceptions et on obtient le plus souvent des valeurs comprises entre 1900 et 2000 ou bien de l'ordre de 1650 Ma.

Le même rajeunissement affecte les terrains du socle anté-birrimien dans le vaste massif de Leon (bouclier Libero-Ivoirien). C'est à tel point général que la carte tectonique de l'Afrique au 1/5 000 000 (dont la maquette date de 1964) porte la teinte de la chaîne éburnéenne même dans le massif de Liberia-Sierra Leone, dont l'âge ancien est actuellement démontré et admis par tout le monde (Andrews-Jones, 1966). Cependant, en 1965, même les charnockites du Man étaient classés par M. Tagini dans l'Eburnéen (1965).

Les mêmes considérations s'appliquent également aux granites des « cratons » qui dans le géosynclinal birrimien séparent les différents synclinaux (Arnould, 1961). Il est très difficile d'y rencontrer des âges reliques non rajeunis, même sur des migmatites incontestablement archéennes conservées au sein des granites des « cratons ».

On retrouve les mêmes phénomènes dans la partie dite stable de l'Ahaggar, c'est-à-dire dans le môle d'In-Ouzzal (Eberhardt & al., 1963 ; Ferrara & Gravelle, 1966). 50 % des mesures d'âge publiées, effectuées sur les charnockites de cette région (datant de 2700 Ma) donnent cependant des âges éburnéens.

Ces quelques exemples démontrent l'importance des rajeunissements éburnéens. Dans certains cas,

ce dernier est total et on ne trouve plus d'âges reliques archéens non transformés.

RAJEUNISSEMENTS TARDI- ET POST-EBURNEENS

On sait que les granites syntectoniques de la chaîne éburnéenne (Côte d'Ivoire), dits « granites Baoulé », donnent sensiblement les mêmes âges radiométriques que les granites post-tectoniques dits « granites Bondoukou » (Bonhomme, 1962). Ce fait est inexplicable si on refuse la possibilité de rajeunissements régionaux : car les préfixes « syn » et « post », pourtant applicables aux chaînes orogéniques du monde entier, n'auraient pas de sens en Côte d'Ivoire.

Si on classe les granites éburnéens selon leurs âges radiométriques, on obtient des lignées plus ou moins bien individualisées séparées par des intervalles de 100 Ma (ou plus rarement 50 Ma) : 2200, 2100, 2000, 1900, 1850, 1750 et même 1650 Ma. Ces lignées se retrouvent autant parmi les granites Baoulé que parmi les granites Bondoukou.

Il y a donc eu pendant cette curieuse époque, qui a duré pas moins de 600 Ma, une succession d'événements, sans doute des phases thermo-tectoniques, qui ont chaque fois rajeuni les roches déjà en place. Les premières de ces phases ont vu se mettre en place les granites Baoulé ; ensuite ce furent des phases à granites Bondoukou ; enfin de simples réchauffements. Il y a lieu de remarquer cependant qu'à cause de cette cascade de rajeunissements il n'y reste plus beaucoup de roches qui ont pu garder les âges anciens (2200, 2100 Ma, etc...).

Les lignées des âges radiométriques sont si rapprochées qu'on peut se demander comment il faut se représenter la chaîne éburnéenne ? Est-ce cette longue époque de 600 Ma ? Ou bien faut-il l'arrêter à 1750 Ma (= granite de Tazenakht au Maroc) ou à 1850 Ma (= granite d'Azguemerzi au Maroc) ? On devrait peut-être partager cette longue époque en deux ou plusieurs chaînes successives superposées.

RAJEUNISSEMENTS MAYOMBIENS

D'après les chiffres donnés par F. Mendes (1964) le massif ancien d'Angola est profondément rajeuni par plusieurs orogénies successives. Son véritable âge ne peut être que celui du massif de Kassaï voisin, c'est-à-dire de 2600 à 3300 Ma. Or, on y

trouve, en plus de quelques âges éburnéens, un grand nombre d'âges mayombiens 1550-1650 Ma (= notre Précambrien I-II de l'Anti-Atlas), quelques âges Kibara-Burundiens (1100-1300 Ma) et, le long de la côte, une étroite bande caractérisée par des âges plus récents de ± 500 Ma.

L'abondance des âges mayombiens est particulièrement suggestive, car le massif d'Angola se trouve à proximité de la chaîne mayombienne.

RAJEUNISSEMENT PAR
LA MATSAP OROGENY

Au colloque de géochronologie de Nancy (1965), L.O. Nicolaysen & A.Y. Berger ont montré que la série des « gneiss gris de Kheis » (ou Complexe granito-gneissique de Namaqualand) était entièrement rajeuni à ± 1000 Ma par la Matsap orogeny (voir plus haut).

Autant l'isochrone basée sur les analyses Rb/Sr que la courbe Concordia faite d'après les analyses des Pb radiogéniques des minerais radio-actifs, y donnent le même âge. Il en est de même des gneiss et des granites de Natal. Or, il s'agit très certainement des mêmes gneiss que ceux du Swaziland, qui datent de plus de 3000 Ma. D'ailleurs, les formations de Zoetlif (> 2600 Ma) et de Transvaal, (1950-2000 Ma), les recouvrent en discordance.

« EPISODE THERMO-TECTONIQUE PAN-AFRICAIN
DE 500-600 Ma »

Ainsi chaque orogénie précambrienne, en plus de plissements et de granitisations, a provoqué des rajeunissements régionaux dans des zones constituées de roches anciennes. Cependant, aucun de ces rajeunissements anciens n'a semble-t-il atteint l'importance et la généralité des rajeunissements de 500-600 Ma de l'« épisode thermo-tectonique pan-africain » (Kennedy, 1964). C'est véritablement une « très grande affaire » qui a agi à l'échelle continentale et a rajeuni d'une façon totale de très vastes régions.

La zone rajeunie la mieux connue est la « ceinture du Mozambique » qui, depuis la transversale de l'embouchure du Zambèze jusqu'au Soudan et à l'Egypte (5 000 km sur 750 à 1 000 km) ne donne nulle part d'autres âges géochronologiques que 550 à 650 Ma, avec des extrêmes à 700 et 450 Ma. Or, ce sont des gneiss et des granites, parmi lesquels on reconnaît pétrographiquement et géologiquement des massifs de l'Archéen certain, du type du Nyanzien ou du Dodomien (de l'ordre de 3000 Ma).

Les mêmes rajeunissements se retrouvent à Madagascar (Delbos, 1964). Or, une note récente (Va-

chette & al., 1969) fait état de la découverte de charnockites de 2700 Ma et de 1000 Ma au sein de cet ensemble rajeuni.

La deuxième zone rajeunie non moins importante (3 000 sur 1 500 km) s'étale d'Ouest en Est sur le Dahomey, le Nigeria et le Cameroun. Plus au Nord, elle englobe la majeure partie de l'Ahaggar (à l'exclusion d'In-Ouzzal), et le Tibesti. Des terrains rajeunis avancent également vers l'Est (République Centre-Africaine) en contournant le Craton du Congo, puis s'étendent au Soudan. Cependant dans cette vaste zone, on commence également à connaître des secteurs non rajeunis, par exemple, au Nigeria (Grant & al., 1969).

Certains auteurs (V.E. Khain) continuent cette zone médiane de l'Afrique vers le Nord par le milieu de l'Europe (France-Allemagne) et jusqu'en Norvège.

En comparant différentes époques de rajeunissement en Afrique, on est frappé par la similitude entre l'époque éburnéenne et l'événement pan-africain de la fin du Précambrien, c'est-à-dire des deux époques ayant provoqué des rajeunissements d'importance particulière. En effet, l'événement thermo-tectonique pan-africain est également caractérisé par une très longue durée et comporte une succession de phases plus ou moins importantes qui se suivent à 50 Ma d'intervalle (700, 650, 600, 550, 500, voire 450 Ma) et dont les dernières datent du début du Paléozoïque (Choubert & al., 1968-1970).

Dans cette courte note, nous n'allons pas nous occuper de ces vastes zones rajeunies au cours de cette époque à cheval sur la fin du Précambrien et le début du Paléozoïque, déjà bien connues, mais nous choisirons l'exemple de l'Ahaggar qui en fait partie et où on a la chance d'avoir, près de son bord Ouest, un élément non rajeuni sous forme du « môle d'In-Ouzzal ».

Cependant, avant de passer à la deuxième partie de cette note, il faut insister sur le fait que la géochronologie n'est plus la science des âges absolus, comme on le croyait au début, mais bien plus la science des rajeunissements. En effet, le continent Antarctique semble être entièrement rajeuni à 500-600 Ma. Le même rajeunissement récent affecte de larges zones en Amérique du Sud (p. ex. au Brésil). En Amérique du Nord, le Grenvillien (± 1000 Ma) est pour la majeure partie fait de terrains anciens rajeunis. Au Groenland nous retrouvons des âges récents (500-600 Ma) etc... Partout dans le monde les zones mobiles rajeunies plus ou moins récemment jouent un rôle considérable.

PROBLEMES GEOCHRONOLOGIQUES DE L'AHAGGAR

Caractères radiométriques

Nous choisirons comme exemple de pays *rajeunis* à la fin du Précambrien et au début du Cambrien, le massif de l'Ahaggar, car à notre sens son étude géologique est complètement faussée à l'heure actuelle. En effet, les géologues qui y travaillent ont admis une fois pour toutes que l'âge radiométrique qu'on y obtient le plus souvent, 550-650 Ma, correspondait à la dernière grande orogénie qui a plissé, métamorphisé et granité le Pharusien. Le problème des rajeunissements possibles n'est généralement soulevé que pour la zone stable d'In-Ouzzal. On n'en parle même pas pour le reste de l'Ahaggar (p. ex. soutenance de la thèse de M. Gravelle, en 1969) comme s'il s'agissait d'un problème résolu. On s'applique à donner des noms nouveaux aux phases successives de ce rajeunissement, au lieu de poser le problème puis essayer de le résoudre par des arguments géologiques.

Cette manière de traiter la géologie et la géochronologie de l'Ahaggar a commencé avec la communication, déjà citée plus haut, de E. Picciotto, D. Ledent & C. Lay (1965). A part le « môle » d'In-Ouzzal et le massif de Tassendjanet, seuls considérés comme anciens, tout le reste de l'Ahaggar y était présenté sous forme d'une seule chaîne élevée à la fin du Précambrien, ou à cheval sur la limite du Précambrien et du Cambrien (550-650 Ma). Les discordances, pourtant bien connues, ne comptaient plus ; le Suggarien et le Pharusien étaient du même âge ; les granites, quels qu'ils soient, appartenaient

tous à la même orogénie et les granites syntectoniques faisaient partie de la même venue.

Malheureusement, le laboratoire de Pise (dirigé par G. Tongiorgi) qui a effectué les études géochronologiques pour M. Gravelle n'a pas su non plus se dégager de cette conception de chaîne récente.

Les analyses géochronologiques effectuées à Pise ne sont pas encore publiées. Mais, parmi les quelque 50 à 60 mesures actuellement rendues publiques, il y a au moins trois à quatre âges reliques qui appartiennent au Précambrien moyen et dont on est obligé de tenir compte. Ce sont :

- Micaschiste pharusien de Serouenout, Rb/Sr sur muscovite : 960 ± 95 Ma (Lay & Ledent, 1963).
- Quartzite de Tifinamine (Egéré) attribué jadis au Suggarien, mais appartenant en réalité au Pharusien fortement métamorphique (Caby, 1969) : 1157 ± 114 Ma (sur roche totale).
- Même roche sur muscovite : 1210 ± 110 Ma (Boissonnas & al., 1964).
- Migmatite de l'Oued Tifoudjij : 1008 ± 100 Ma (Boissonnas & al., 1964).

A ces quatre dates on pourrait ajouter celles obtenues par M. Gravelle sur des galènes, et qui sont de l'ordre de 1200 à 1500 Ma (Gravelle & Letolle, 1963). Le premier se rapporte à un filon dans le Pharusien, le second à un filon dans le Suggarien.

Le Pharusien supérieur et ses équivalents anti-atlasiques

Cependant, comme nous l'avons expliqué plus haut, la plupart des auteurs ne tiennent pas compte de ces âges, en les considérant comme « mauvais » et de ce fait inutilisables. Or, il s'agit certainement des âges reliques échappés au rajeunissement et qui par conséquent jettent de la lumière sur l'âge véritable de l'orogénie pharusienne (voir plus haut p. 149). Dans les pages qui suivront, nous nous limiterons à la partie de l'Ahaggar située à l'Ouest et au NW du môle d'In-Ouzzal, notamment au terrain de thèse de R. Caby (1970). En effet, cette zone est la plus riche en enseignements concernant le Pharusien *s.l.* et les Poudingues pourprés, et c'est également l'une des mieux connues à l'heure actuelle (possédant une carte géologique moderne au 1/500 000).

Pendant le Colloque de l'Anti-Atlas, il est apparu que les faciès des formations du Précambrien II-III et du Pharusien supérieur ou Pharusien *s.s.*, ou encore « Série verte » volcano-détritique de R. Caby

(1970), montraient un haut degré de similitude et dans certains cas étaient franchement identiques. Ce fait a été constaté par R. Caby au cours du Colloque, et il a été vérifié par nous-mêmes sur les collections de R. Caby à Montpellier.

Voici quelques exemples :

- Conglomérats tillitoïdes en aval du barrage de Bou-Azzer,
- formation rythmique dans la série de Tidiline dans les environs de ce village,
- conglomérats rouges continentaux contenant des galets triangulaires rappelant des « dreikanter »,
- « greywackes » verdâtres, ayant parfois l'aspect des varves (certains échantillons du Hoggar sont identiques aux « varves » du Bas Dra à Tarfaya).

Il n'y a donc aucun doute ni dans l'esprit de R. Caby (voir sa communication) ni dans le nôtre, qu'il s'agit de formations contemporaines.

Dans l'Ahaggar, ce Pharusien supérieur est directement discordant sur les différents termes du Pharusien inférieur (Caby, 1970). Il est assez modérément plissé et relativement peu métamorphisé. Il en est de même dans l'Anti-Atlas, avec semble-t-il un métamorphisme encore plus faible.

R. Caby, dans sa communication, conteste la discordance de la série de Tidiline (Pr. II-III) sur les autres termes du Précambrien moyen. C'est un tort, car malgré une disposition sensiblement parallèle de tous les terrains d'El-Graara, affectés par l'accident majeur de l'Anti-Atlas, cette discordance est très importante et aucun géologue ayant travaillé dans cette région ne l'a jamais mis en doute. Il est regrettable que R. Caby n'ait pas pu assister à la première partie de l'excursion et n'ait donc pas vu la discordance de l'équivalent occidental de la

série de Tidiline, notamment de la série de Tanalt (= série d'Anzi), avec ses rhyolites de base, sur les quartzites du Précambrien II du massif de Lkst caractérisés par leur état chaotique et leur plissement énergétique.

La « Série verte » du Pharusien de l'Ahaggar contient le massif de Tin-ed-Ehou formé de granites et granodiorites passant à des diorites et « tonalites ». L'ensemble peut être gneissifié sur sa bordure Est et Sud.

D'après la description de R. Caby, les caractéristiques de ce pluton sont les mêmes que celles des diorites quartziques septentrionales d'El-Graara ou du granite de Krekid.

Ce contrôle par les granites confirme l'identité du Précambrien II-III avec le Pharusien supérieur de l'Ahaggar.

Contrôle par la géochronologie (CHARLOT & al., 1970)

On pourra nous reprocher l'insuffisance des études géochronologiques dans les chaînes successives du Précambrien moyen de l'Anti-Atlas. Effectivement l'effort principal a porté jusqu'à présent sur les Zagorides et les Berbérides. Par contre, dans les Anti-Atlasides n'ont été effectués jusqu'à présent que quelques « sondages » rapides. Aucune courbe isochrone valable ne peut encore être construite pour leurs granites. En particulier pour l'immense massif de Tifnout, nous ne possédons encore qu'une seule mesure sur la biotite du granite

d'Askaoun. Les mesures sont plus nombreuses dans les granites d'Id-ou-Iloun situés un peu plus au Sud (Siroua Ouest).

La plupart des données obtenues sur les granites et leurs minéraux s'alignent sur la courbe globale des rhyolites du Précambrien II-III et du Précambrien III, voisine de 400 Ma.

Voici quelques âges « apparents » calculés (Charlot & al., 1970) :

		Rb/Sr	A/K
		Rabat	Geochron
<i>Granite du Précambrien III</i>			
granite subvolcanique d'Amassine	RT	382 ± 20	
<i>Granites du Précambrien II-III</i>			
granite de Tifnout (Askaoun)	B	487 ± 15	
granite d'Id-ou-Iloun (Siroua)	RT	547 ± 15	
	M	561	
variété à grain fin	B	497 ± 15	512 ± 20
granite d'Id-ou-Iloun (Siroua)			
variété porphyroïde	RT	934 ± 40 (ou 1018 en faisant varier le rapport initial)	
<i>Granites et autres roches attribués au Précambrien II</i>			
granite de N'Kob	RT	382 ± 28	
granite d'Imdrar-Oufella	RT	393 ± 20	
quartzite granité id.	RT	432 ± 15	
adinolite de Tarhdoute	RT	1153 ± 65	
<i>Roches de Précambrien I-II</i>			
gneiss à cordiérite N'Kob	RT	1215 (analyse de l'Isotope Inc.)	
hornblendite Siroua (Khzama)	Amph		402 ± 40
séricitoschiste d'El-Graara	M		470

A cet ensemble de mesures effectuées dans l'Anti-Atlas central s'ajoute l'isochrone établie sur le granite de Tafraout (Anti-Atlas occidental, massif du Kerdous) qui est provisoirement attribué au début du cycle du Précambrien II-III (granite subvolcanique) : 500 ± 27 Ma (sur 5 déterminations et rapport initial calculé de 0,27).

Les âges « apparents » sont les suivants Rb/Sr : 634 ± 30 , 577 ± 20 , 564 ± 25 , 522 ± 20 , 541 ± 20 , 322 ± 10 , ainsi qu'en A/K : 343 ± 14 .

En ce qui concerne les rhyolites du début du Précambrien II-III les résultats de 9 déterminations se disposent sur deux isochrones. L'une groupe les échantillons de la région comprise entre Aït-Baha et Tanalt : 368 ± 24 Ma. L'autre concerne les rhyolites de la région d'Anzi (Sud de Lkst) : 384 ± 22 Ma.

Les âges « apparents » calculés pour les échantillons de la première isochrone donnent des âges rajeunis compris entre 378 et 397 Ma. Les échantillons de la région d'Anzi ont mieux conservé leur strontium radiogénique : 418, 535, 536, 558 et même 865 Ma.

Tels sont les chiffres. Comment faut-il les interpréter et quels enseignements en tirer? Il est incontestable que la grande masse d'échantillons est rajeunie à l'une des orogénies suivantes : baïkalienne, calédonienne (précoce ou tardive), voire hercynienne précoce (phase bretonne). En particulier, les quelques isochrones établies se rapprochent de l'une ou de l'autre de ces orogénies : 500 ± 27 ; 418 ± 26 ; 384 ± 20 ; 368 ± 24 et 290 ± 16 .

La première et la plus ancienne s'adresse au granite de Tafraoute. La dernière, la plus jeune, caractérise les laves et syénites subvolcaniques de l'Adoudounien.

Parmi les âges « apparents », ponctuels, on a eu quand même la bonne fortune de tomber sur quelques âges plus élevés. Il y en a à peu près un par système :

Adoudounien : L'une des trachytes du Jbel Bokho (volcan d'Alougoum) a donné 832 Ma. Cette date pourrait s'approcher de l'âge véritable de ce volcan.

Précambrien III : pas un seul chiffre ne dépasse 400 Ma.

Précambrien II-III : granites de l'orogénie des Anti-Atlasides orientales. Granite porphyroïde d'Id-ou-Iloun (Siroua) 934 ± 40 Ma (ou 1018 en faisant varier le rapport initial). Ces chiffres caractérisent sans doute la dernière orogénie précambrienne de l'Anti-Atlas.

Précambrien II-III : volcanisme du début du cycle : une rhyolite dans l'Oued Amarhous (région d'Anzi) a donné 865 Ma ; comme tous les autres, ce chiffre est certainement rajeuni.

Précambrien II : Adinolite de Tarhdoute — 1153

± 65 Ma ; âge sans doute rajeuni par la dernière orogénie précambrienne.

Précambrien I-II : Gneiss à cordiérite de N'Kob — 1215 Ma. Là aussi il s'agit sans doute d'un rajeunissement par la dernière orogénie précambrienne.

Parmi ces âges, c'est évidemment celui du granite porphyroïde d'Id-ou-Iloun qui est le plus intéressant. Nous avons vu que c'est un âge relique du type B qui pour le moment représente la seule indication directe sur l'âge de l'orogénie des Anti-Atlasides orientales, qui est la dernière orogénie précambrienne de l'Anti-Atlas. L'importance de cet âge est d'autant plus grande qu'à notre sens c'est également l'âge de l'orogénie principale post-pharusienne de l'Ahaggar.

Nous avons vu que pour les géochronologistes, ce n'est pas un bon âge, car la quantité de ^{87}Sr y est trop faible (âge relique du type B ci-dessus), ce qui donne une grande importance à la valeur du rapport initial choisi. Cependant, en faisant varier ce rapport, les âges obtenus se placent de part et d'autre du chiffre de ± 1000 Ma, qui est l'âge Grenvillien ou Kibarien tardif ou encore celui de la Matsap orogeny.

Pour expliquer cet âge gênant, R. Caby qualifie le granite d'Id-ou-Iloun de « subvolcanique », mis en place bien avant l'orogénie des Anti-Atlasides orientales. Or, tout d'abord, il ne l'a même pas vu (car il a rejoint l'excursion seulement à Ouarzazate), deuxièmement, ce sont des granites calcoalcalins banaux qui n'ont aucun des caractères des granites subvolcaniques, troisièmement, on est, au Siroua, dans le géosynclinal du Précambrien II-III où il n'y a pas de rhyolites, mais uniquement des andésites. L'apparition d'un granite subvolcanique dans cette zone est invraisemblable.

Enfin, quatrièmement, tout le monde a pu admirer les phénomènes de digestion et de métamorphisme provoqués par ce granite dans les terrains volcaniques et sédimentaires du Pr. II-III, dans les nombreux tournants de la piste au flanc de la montagne en face d'Aguerd-n'Oudrar. Les granites subvolcaniques ne produisent guère de tels phénomènes.

[Nous avons précisé au cours du Colloque qu'à l'Est de la piste que nous avons suivie, il y avait sur le plateau d'Id-ou-Iloun un granite à amphibole vraisemblablement plus récent que les autres granites, et appartenant sans doute au Précambrien III. En effet, nous avons vu quelques jours plus tard, lors de la traversée du Siroua, un granite semblable passer à des microgranites ou « granophyres », puis aux rhyolites du Précambrien III typique. L'étude géochronologique de ces granites n'a pas encore été entreprise et de toute façon il s'agit là de granites subvolcaniques bien plus récents].

Nous avons vu plus haut qu'il y avait au moins quatre âges concordants proches de 1000 Ma recon-

nus dans l'Ahaggar (Boissonnas & *al.*, 1964). Comme celui du granite d'Id-ou-Iloun, ce sont aussi des âges reliques qui ont résisté à l'épisode thermo-tectonique pan-africain. Ne pas en tenir compte est aussi peu scientifique qu'affirmer sans l'avoir vu, que le granite d'Id-ou-Iloun est un granite sub-volcanique. Au contraire, on doit en tirer argument et conclure à la contemporanéité des dernières orogénies précambriennes dans l'Anti-Atlas et dans l'Ahaggar ⁽¹⁾.

Les deux dates dépassant 1000 Ma citées ci-dessus dans le Précambrien II et le Précambrien I-II sont plus délicates à interpréter, car il s'agit là de formations plus anciennes, antérieures au Précambrien II-III. Sans doute s'agit-il d'âges rajeunis précisément par cette dernière orogénie précambrienne (celle des Anti-Atlasides orientales de ± 1000 Ma).

Rappelons en outre que dans l'Anti-Atlas, les dates appartenant à la lignée de ± 1000 Ma se retrouvent quelquefois parmi les âges obtenus sur les minéraux des Zagorides (généralement mesurés par K/A). On en connaît quatre cas.

Il en est de même de la lignée de 1200-1300 Ma qui caractérise ou bien une première phase de la dernière orogénie précambrienne, ou bien l'époque du volcanisme rhyolitique du début du cycle orogénique du Précambrien II-III. Ces âges ont été obtenus non seulement sur des micas mais aussi

sur des roches totales des Berbérides et des Zagorides. On en connaît une dizaine de cas.

Au total on aurait donc dans l'Anti-Atlas, en plus du granite d'Id-ou-Iloun, plus de quinze cas de rajeunissement de roches plus anciennes que le Précambrien II-III à 1000 ou 1200 Ma.

Il semble donc qu'on puisse conclure, sans beaucoup de risque de se tromper, que l'orogénie de la fin du Précambrien II-III se situe aux environs de 1000 Ma. Sa date exacte n'est pas encore définie avec toute la rigueur voulue. Sa date la plus vraisemblable se situerait entre 950 et 1020 Ma, âge du granite d'Id-ou-Iloun. Cependant, les travaux continuent pour asseoir cette date sur des bases plus solides d'une part, pour la mieux préciser d'autre part.

De même il y a beaucoup de chances pour que la dernière orogénie précambrienne de l'Ahaggar, celle qui a plissé le Pharusien supérieur (Série Verte) et se situe donc immédiatement avant le cycle des Poudingues pourprés, soit du même âge que dans l'Anti-Atlas. Les quatre âges reliques découverts dans l'Ahaggar militent en faveur de cette déduction. Par contre, tous les âges plus récents compris entre 600 et 500 Ma ne seraient autres que des âges rajeunis par l'« épisode thermo-tectonique pan-africain » de Kennedy.

Contrôle par les séries sus-jacentes : les « Poudingues pourprés »

Dans son tableau synthétique, R. Caby (*ibid.* 1970) place l'orogénie post-pharusienne d'une façon assez arbitraire à 600 Ma. En réalité, les phases de l'épisode thermo-tectonique pan-africain (Katanguien-Damarien) s'échelonnent tous les 50 Ma depuis 650 jusqu'à 450 Ma (Choubert & *al.*, 1968). Il place donc les Poudingues pourprés d'une part, le Précambrien III et l'ensemble Adoudounien d'autre part, au-dessus de la date de 600 Ma. La série de Tagengant (Série pourprée inférieure) est parallélisée à juste raison avec le Précambrien III. L'ensemble du Précambrien III et de l'Adoudounien est ainsi condensé dans un laps de temps de 30 Ma (la base du Cambrien inférieur étant fixée à 570 Ma), c'est-à-dire d'une durée plus courte qu'un Crétacé ou un Jurassique.

Or, il y a un âge ponctuel dans les trachytes du Jbel Bokho (volcan adoudounien d'Alougoum) de 832 Ma (Charlot & *al.*, 1970). La limite de l'Adoudounien et du Précambrien III doit donc être voisine de 850 Ma.

Par contre, la Série pourprée est censée monter jusqu'à l'Acadien (Caby, 1970) c'est-à-dire qu'elle durerait 100 Ma (de 600 à 500 Ma). Cette dernière notion — le parallélisme des schistes « kaki » du sommet de la Série pourprée avec les schistes verts du Cambrien moyen — date du Colloque de l'Anti-Atlas, où nous avons montré à R. Caby les séries du Paléozoïque inférieur — Cambrien inférieur et moyen, ainsi que l'Ordovicien. Une telle comparaison hâtive et précipitée, non basée sur une quelconque étude comparative et non justifiée ne serait-ce que par un fragment de Trilobite, ne fait pas très sérieux.

Or précisément, des schistes « kaki » très semblables à l'œil nu aux schistes acadiens, existent dans le Précambrien III moyen du Tifernine (SE d'Ouarzazate). Au début des études de ce système, on avait même pensé qu'il s'agissait d'un synclinal acadien faillé. Cependant, un niveau à Stromatolites semblables à ceux d'Amane-n'Tourhart (Précambrien III) y fut découvert par H. Hollard.

Des schistes semblables caractérisent la série de base de l'Adoudounien inférieur de l'Anti-Atlas occidental. D'autres schistes « kaki » s'associent aux niveaux violacés de la série « lie de vin » de l'Anti-Atlas occidental. Enfin, des schistes identiques à

(1) D'ailleurs, J.M. L. Bertrand, dans sa communication au présent Colloque attire aussi l'attention sur ces quatre âges voisins de 1000 Ma, et pose le problème de l'existence de cette orogénie dans l'Ahaggar.

ceux du Cambrien moyen, accompagnés de niveaux calcaires, caractérisent le Cambrien inférieur de l'Anti-Atlas occidental : série schisto-calcaire (zones I à III), niveau schisteux (zones V-VI), enfin schistes à *Myopsolenus* (zone VIII). Malheureusement, R. Caby n'a pas assisté à la première partie de l'excursion du Colloque et n'a donc pas pu comparer tous ces schistes avec les faciès schisteux kaki du sommet de la Série pourprée.

En ce qui concerne l'âge de la Série pourprée, nous n'avons pas changé notre point de vue émis en 1968 (Choubert, Faure-Muret & Charlot, 1968) : *il n'y a pas de tillites dans le Cambrien ni en Afrique ni ailleurs dans le monde. Cet argument d'ordre paléoclimatique exclut la possibilité d'attribution de la « Série des Poudingues pourprés » au Cambrien.*

En Afrique, les tillites se répartissent entre le Précambrien supérieur (Congo Kinshasa et pays voisins) et l'Eocambrien (Afrique occidentale, Europe).

La lithologie de la Série pourprée est actuellement fort bien connue grâce aux travaux de R. Caby & H. Moussu (1967).

Il y a trois séries « pourprées » séparées par des discordances :

1. La série inférieure ou Série de Tagengant (2 000 m au maximum), comporte trois niveaux de tillites I, II et III. Le premier est près de sa base; le deuxième vers le milieu en association avec un niveau de calcaire à Stromatolites, mais plutôt à proximité des bordures des bassins; enfin la tillite III se place près du sommet de cette première série.

Une autre particularité de la série de Tagengant est la présence de vulcanites généralement acides : rhyolites, ignimbrites rhyolitiques, etc..., auxquelles s'associent des granites passant à des microgranites (« granophyres »).

2. Les deux séries suivantes ont 3 000 m de puissance. Leur ensemble a reçu l'appellation de « Série d'Ouallen et d'In-Semmen ». Celle-ci se partage en deux séries de puissance inégale de la façon suivante :

- La première série (puissante de 2 000 à 2 500 m) est discordante sur la série de Tagengant et est constituée d'abord de conglomérats et de grès rouges, puis d'un flysch vert ou « kaki », cité ci-dessus et que R. Caby propose de classer dans le Cambrien moyen.

- En transgression et légère discordance vient alors la tillite IV, la plus importante de toutes les quatre tillites (puissance 500 m). La série se continue par des grès rouges et des conglomérats. Dans le Sud du bassin d'In-Semmen, cette quatrième tillite recouvre directement en discordance la série de Tagengant.

Avant d'entreprendre la discussion concernant l'attribution de ces séries, disons tout de suite que *la présence de la tillite IV au-dessus des schistes « kaki » exclut formellement leur attribution au Cambrien moyen.*

Si les trois premières tillites font penser à celles de la série du Katanga : tillite de Roan, tillite de Mwashya et tillites du Kundelungu (Grand et Petit Conglomérats), la tillite IV est à rapprocher des conglomérats de Jbeilat (C₁₂) de la bordure Nord du bassin de Taoudeni.

L'âge de cette tillite est déjà relativement bien connu. D'une part, elle est plus récente que les calcaires à *Conophyton* du Hank et d'Atar (groupe d'Atar) qu'elle recouvre en légère discordance (Zimmermann, 1960). Or, ce niveau à Stromatolites daterait d'après M. Raaben de 700 Ma environ (voir la publication de J. Bertrand & M. Raaben, 1970). D'autre part, on possède déjà plusieurs déterminations géochronologiques effectuées par des géologues soviétiques sur des glauconies des couches immédiatement sus-jacentes à cette tillite. Ces chiffres sont concordants et oscillent entre 650 et 620 Ma (Bozhko, 1969; Trofimov, 1969; points de prélèvement surtout sur la bordure Sud du bassin de Taoudeni ou dans le bassin du Ghana).

Par contre, la base de la série antérieure à cette tillite (« Série 1 »), contenant le niveau à Stromatolites cité ci-dessus, est moins bien datée. On sait qu'elle est discordante sur les couches du Jbel Hadid (NE de Chegga) qui surmontent les rhyolites des Eglab et appartiennent sans doute au Précambrien III. Au Sud du bassin de Taoudeni, des couches homologues situées à la base de la série attribuée au Précambrien supérieur (« Série 1 ») ont été datées en deux endroits : au Sud du Sénégal et dans le Mali. Le premier de ces âges établi à Strasbourg sur la partie fine de l'argile de Walidiala, est de 1022 Ma (Bassot, 1966); le deuxième, tiré des glauconies des grès de Sotuba des environs de Bamako, a donné 990 Ma (Trofimov, 1969). Il semble donc que cet ensemble (« Série 1 ») est partout postérieur au Précambrien moyen qui se termine par l'orogénie de ± 1000 Ma.

Au-dessus de la tillite de Jbeilat, vient notre « Série 2 » que nous avons attribué au cycle sédimentaire d'Eocambrien-Cambrien inférieur. D'après J. Sougy, la série lie de vin des environs de Taliouine (Anti-Atlas occidental), autrement dit la base de l'Adoudounien supérieur, ressemble beaucoup à l'un des termes de cette « Série 2 », notamment aux « couches polychromes » de Dhar de Th. Monod (C₁₇₋₁₉) (1952).

Nous avons parallélisé le Précambrien III de l'Anti-Atlas avec le Nigritien de R. Karpoif (1946), qui n'est autre que l'équivalent latéral de la série de Tagengant. L'ensemble de ces séries est donc comme le Précambrien III immédiatement postérieur à

l'orogénie de ± 1000 Ma. Ainsi nous avons vu plus haut que le trachyte du volcan d'Alougoum, qui appartient à l'Adoudounien inférieur et est donc un peu plus récent que le Précambrien III, a donné un âge ponctuel de 832 Ma.

D'ailleurs personne ne doute plus que le célèbre âge de 550 ± 30 Ma obtenu à Bruxelles (Picciotto & al., 1965) sur les rhyolites d'In-Zize, est un âge rajeuni (même R. Caby place les laves d'In-Zize dans son tableau des parallélismes plus près de la ligne de 600 Ma que de celle de 550 Ma qui est la limite entre le Cambrien inférieur et le Cambrien moyen).

Nous considérons l'Adoudounien inférieur (dolomies inférieures) discordant sur le Précambrien III, comme un équivalent de la série à Stromatolites d'El-Hank-Atar et, bien entendu, de la majeure partie

de la série d'Ouallen-In-Semmen (Ahaggar NW) avec son flysch vert ou « kaki ».

La tillite IV du NW de l'Ahaggar, équivalente de la tillite de Jbeilat du bassin de Taoudeni, correspondrait sans doute à la régression qui dans l'Anti-Atlas précède la série lie-de-vin.

Enfin, le cycle sédimentaire de l'Adoudounien supérieur-Cambrien inférieur de l'Anti-Atlas, contenant ses célèbres faunes d'Archaeocyathes et de Trilobites, correspondrait aux couches rouges qui surmontent la tillite IV du NW de l'Ahaggar. Il n'est pas impossible que ces couches rouges du sommet de la Série pourprée n'atteignent pas le Cambrien inférieur et doivent être classés encore dans l'Adoudounien supérieur (Eocambrien).

Pharusien inférieur s.l. comparé aux séries anti-atlasiques

Nous venons de voir qu'à partir de la discordance de base du Pharusien supérieur (« Série verte »), les parallélismes entre les séries anti-atlasiques et celles de l'Ahaggar s'établissaient d'une façon satisfaisante et sans grande difficulté. Pour le Pharusien supérieur et le Précambrien II-III (= II³) le parallélisme est le fruit d'observations directes. Tandis qu'entre la « Série pourprée » et le Précambrien III-Adoudounien, l'équivalence s'établit indirectement par l'intermédiaire du bassin de Taoudeni et de ses tillites.

Par contre, à première vue, les choses sont beaucoup moins simples pour les systèmes plus anciens du Précambrien moyen.

En effet, nous avons dans l'Anti-Atlas deux systèmes postérieurs aux Berbérides (= Eburnéides) et antérieurs au Précambrien II-III (= II³) : ce sont le Précambrien I-II (= II¹) et le Précambrien II (= II²). Or, dans l'Ahaggar, entre les formations anciennes qui constituent les massifs d'In-Ouzzal et de Tassendjanet, et le Pharusien supérieur (« Série verte »), il n'y a apparemment que le seul système des « quartzites et calcaires à Stromatolites ». Il faut donc étudier ce problème un peu plus en détail.

Il faut préciser tout de suite que dans l'Anti-Atlas, les quelques mesures radiométriques effectuées sur les roches de ces deux systèmes n'ont donné que des âges rajeunis. Les âges admis pour les deux orogénies (Anti-Atlasides centrales et occidentales) sont provisoires et déduits des lignées géochronologiques du tableau I (ils ne sont pas obtenus sur des diorites quartziques comme le dit R. Caby dans ses communications).

Ces âges sont de l'ordre de 1400-1500 Ma pour les Anti-Atlasides occidentales et environ 1600-1650 Ma pour les Anti-Atlasides centrales (Tabl. II).

Le Précambrien I-II (II¹) d'El-Graara, essentiel-

lement volcanique ou volcano-sédimentaire, à prédominance de vulcanites basiques, débute par un épisode calcaire précédé par des itabirites et parfois quelques quartzites (Est d'El-Graara). Il est caractérisé par la mise en place de la célèbre serpentine de Bou-Azzer-El-Graara. Cette activité magmatique profonde, que les auteurs préfèrent désigner par le terme tectonique (et non pétrographique) d'« ophiolitique », et qui reflète sans doute l'ouverture d'une cassure océanique, a dû atteindre le maximum d'intensité avant la fin de la phase de métamorphisme général des Anti-Atlasides centrales. En effet, ce métamorphisme qui a transformé les schistes charbonneux de N'Kob en roches à andalousite et en gneiss à cordiérite, a pu développer, à partir des metabasites de Khzama (Siroua Est), des amphibolites variées. Son intensité fut cependant moindre dans l'alignement de Bou-Azzer-El-Graara.

On peut admettre que le Précambrien I-II de Bou-Azzer-El-Graara et du Siroua représente le remplissage d'un sillon géosynclinal qui longe le futur « Accident majeur de l'Anti-Atlas » et se moule sur le front N et NE du craton des Berbérides. Les venues granitiques accompagnant l'orogénie, qui a plissé le Précambrien I-II (chaîne des Anti-Atlasides centrales), si elles existent, sont très peu importantes (ce sont peut-être : le granite de Tourtite dans le Siroua Est, et les pointements granitiques de l'Oued Skouraz dans El-Graara Est).

Le tableau général est très différent pour le Précambrien II (II²). Ce système est caractérisé par des formations de mers épicontinentales tels que calcaires à Oncholites et quartzites. Ce régime caractéristique de couvertures de plates-formes est suivi de formations plus profondes — des schistes noirs et des flyschs faisant suite à une puissante série de vulcanites basiques.

¹⁰⁰ Cependant, latéralement, vers le Nord, cette série

passé à des formations volcano-sédimentaires sans quartzites comportant des « kératophyres » et de fins horizons calcaires à des niveaux différents (Jouravsky & de Trey, 1963). Le métamorphisme général (faciès des schistes verts) est plus faible que précédemment. On doit noter une « venue ophiolitique » locale dans les calcaires de base du chaînon de N'Kob. Par contre, les venues granitiques sont plus importantes. Les mieux connues sont les diorites quartziques « médiane » et « méridionale » qui longent l'alignement de Bou-Azzer-El-Graara.

Or, dans le NW de l'Ahaggar, la sédimentation du Précambrien moyen débute par les séries épicontinentales du type de couverture de plate-forme qui, dans l'Anti-Atlas, n'apparaissent qu'au Pr. II². Ce sont d'abord de puissants quartzites qui témoignent de la destruction et de l'aplanissement d'Eburnéides voisines, puis des calcaires à Stromatolites. Cette succession est d'ailleurs inversée par rapport au Pr. II de l'Anti-Atlas, où les calcaires pr c dent les quartzites.

C'est dans cette série et de préférence dans le terme calcaire (ou schisto-calcaire) que pénètrent les ophiolites avec un riche cortège de roches basiques et ultrabasiques, ainsi que des dolérites, microdiorites, laves et tufs. L'ensemble peut être fortement métamorphisé mais d'après R. Caby, ce serait un métamorphisme bien plus tardif, postérieur à la « Série verte » du Pharusien supérieur.

Le deuxième terme du Précambrien moyen du NW de l'Ahaggar, terme qui fait suite à l'ensemble « basicifi  » ci-dessus, est une puissante « série alcaline » constituée de métarhyolites et ignimbrites potassiques, de felsites et gneiss felsitiques ruban-

nés ressemblant aux leptytes de Scandinavie, et qu'on peut interpréter d'après R. Caby comme d'anciennes roches d'épanchement (ou même des tufs), des paragneiss, des gneiss œillés rubannés, des leptynites alcalines, etc..., auxquels s'ajoutent des masses considérables d'orthogneiss alcalins comportant des variétés peralcalines (  aegyryne et riebeckite).

D'après la carte au 1/500 000 de R. Caby, cette série se comporte d'une façon assez indépendante par rapport aux formations antérieures. On peut même se demander s'il n'y a pas une discordance cartographique oblitt e par le métamorphisme (transformée en accordance) séparant la « Série alcaline » des formations antérieures. Ainsi les roches de cette série viennent en contact tantôt avec les quartzites, tantôt avec les marbres et même parfois avec les formations ouzzaliennes (p. ex. au NW d'In-Zize). Une discordance à ce niveau serait d'ailleurs fort plausible, car la mise en place des masses considérables de roches basiques et ultrabasiques devait nécessairement s'accompagner de mouvements tectoniques et de déformations de la série des quartzites et calcaires.

A son tour, la « Série verte » du Pharusien supérieur vient en transgression et en discordance à la fois sur la « Série alcaline » et la « Série des quartzites et calcaires ». Il y a donc sûrement une phase tectonique suivie d'érosion séparant ces deux séries. Le fait est d'ailleurs admis et décrit par R. Caby (1970). C'est cette phase tectonique qui serait responsable de la mise en place de nombreux plutons qui encombrant la « série alcaline ». Ce sont des granites, des granodiorites et des diorites quartziques généralement migmatitiques.

Parallélismes probables

Comment faut-il établir les parallélismes entre ces différentes séries des deux régions envisagées ? En effet, il est possible de procéder de différentes façons :

PARALLELISMES BASES SUR LES FACIES

Voyons d'abord le cas des séries de calcaires et de quartzites : la solution basée sur la ressemblance des faciès voudrait que le Précambrien II de Tarhdoute (Anti-Atlas central) soit l'équivalent de la série des quartzites et des calcaires à Stromatolites du NW de l'Ahaggar. Dans ce cas :

1. Le système d'El-Graara, c'est-à-dire notre Précambrien I-II (II¹) manquerait dans l'Ahaggar. Par contre :
2. les principales ophiolites ne se correspondraient pas : celles de l'Anti-Atlas seraient plus anciennes que celles de l'Ahaggar. Cette solution ne semble pas satisfaisante, car on peut penser que les venues

« ophiolitiques » doivent être contemporaines dans les deux régions considérées.

PARALLELISMES BASES SUR LES OPHIOLITES

Dans ce cas, il ne faut pas attacher une importance quelconque aux faciès. En effet, notre Précambrien I-II (II¹) serait alors l'équivalent lointain (de faciès géosynclinal) de la série des quartzites et calcaires du NW de l'Ahaggar (Egatalis - Adrar - Tideridjaouine).

Le fait que le système d'El-Graara (Pr. I-II) peut comporter à sa base quelques calcaires associés à des itabirites (« oligistoschistes »), confirme ce parallélisme. D'ailleurs, des quartzites y apparaissent aussi quelquefois. Un affleurement de ces roches accompagnées de couches à oligiste, a été signalé dans El-Graara oriental (Choubert, 1963).

Cependant, dans ce cas, le Précambrien II (II²) de l'Anti-Atlas manquerait dans le NW de l'Ahag-

gar. A sa place s'y trouve la « Série alcaline » comportant des métarhyolites potassiques, des felsites alcalines et des gneiss variés — para et ortho —, sur l'origine desquels R. Caby ne se prononce pas. Evidemment, toutes ces roches ont subi le métamorphisme relativement profond et intense qui caractérise l'ensemble du Pharusien inf. s.l. de cette région, et il est souvent difficile de reconnaître leur nature originelle. Cependant, on peut admettre que des rhyolites aussi riches en potasse ne sont pas des émissions sous-marines, mais proviennent des volcans sub-aériens. Le fait que des ignimbrites et peut-être même des tufs s'y associent, confirmerait cette hypothèse. *La série alcaline traduirait donc une émergence*, qui d'ailleurs n'a peut-être pas duré pendant toute cette époque. Il faudrait donc voir si, parmi les gneiss il y en aurait qui résultent d'une transformation métamorphique d'arkoses, si certains gneiss œillés n'étaient pas à l'origine des conglomérats à éléments feldspathiques (du type des « porphyroïdes » du Portugal et de la Galice), etc...

Nous proposons donc d'interpréter la « Série alcaline » du NW de l'Ahaggar comme une formation au moins partiellement continentale, indiquant une émergence généralisée peut-être de courte durée, avec une activité volcanique rhyolitique sub-aérienne intense, accompagnée ou suivie du dépôt de quelques formations continentales (arkoses, conglomérats feldspathiques) ainsi que sans doute des dépôts pélagiques d'origine marine (actuellement transformés en paragneiss).

Somme toute, ce serait un épisode de volcanisme subséquent consécutif aux mouvements qui ont causé la venue des ophiolites (épisode volcanique qui manque dans l'Anti-Atlas).

Ainsi on aurait au Précambrien II (= Pharusien moyen) :

1. une zone à émergences dans le NW de l'Ahaggar,
2. une zone recouverte par des mers épicontinentales avec dépôt d'une couverture de plate-forme (Anti-Atlas occidental et méridional),
3. enfin un sillon géosynclinal, celui de l'Ousdrat-Imdrhar, s'alignant selon l' « Accident majeur de l'Anti-Atlas ».

Cette manière de voir trouverait un début de confirmation dans le large développement de séries volcano-sédimentaires dans le sillon de l'Ousdrat, caractérisées par des rhyolites et des « kératophyres ». Cependant, il faut rappeler également que dans la moitié Nord d'El-Graara oriental, des métarhyolites attribuées au Précambrien I-II prennent un développement important. Il s'agit sans doute d'éruptions acides sous-marines (2).

(2) M. Leblanc, qui a étudié ces roches plus en détail que nous, cite la présence dans cette série, de kératophyres, de kératophyres potassiques (?) et de spilites. Cependant, étant donné qu'il confond les deux

La carte géologique au 1/500 000 de R. Caby montre que la « Série alcaline » contient un grand nombre de plutons d'allure syncinématique formés par des granites, des granodiorites, voire des diorites quartziques (mais portant la surcharge des migmatites). On ne peut pas s'empêcher de comparer ces plutons à la diorite quartzique « médiane » d'El-Graara toujours orientée et logée dans la série des « ophiolites » ainsi qu'à la diorite quartzique méridionale de la même région qui longe la série du Précambrien II d'El-Bleida-Trifya. Par contre, la diorite quartzique septentrionale qu'on suit depuis Bou-Azzer jusqu'à El-Graara central (jusqu'au Jbel Ousdrat) ressemble indéniablement à l'important pluton de Tin-ed-Ehou qui traverse la « série verte » (Pharusien supérieur).

HISTOIRE GEOLOGIQUE RESUMÉE DES DEUX DOMAINES

On aura donc, au cours du Précambrien moyen dans le NW de l'Ahaggar, une succession de phénomènes, assez semblables à ce qu'on observe dans l'Anti-Atlas. Elle est résumée dans le tableau comparatif ci-joint.

1A. Au *Précambrien I-II = Pharusien inférieur* — développement d'un géosynclinal à activité volcanique et « ophiolitique » intense dans l'Anti-Atlas et, par contre, dépôt d'une couverture de plate-forme sur un substratum formé d'Eburnéides ou d'Archéen (Ouzalien) dans le NW de l'Ahaggar, couverture « basicifiée » plus tard par des « ophiolites ».

1B. Pendant le cycle orogénique des *Anti-Atlasides centrales = Pharusides I*, métamorphisme et plissement des vulcanites et « ophiolites » (ultrabasites et leur cortège de roches basiques) ainsi que des sédiments associés. Cependant l'importance des Pharusides I en tant que chaîne plissée, semble relativement faible, ce qui explique qu'ils aient pu échapper jusqu'à présent aux observateurs.

2A. Au *Précambrien II = Pharusien moyen* (« Série alcaline »), le sillon géosynclinal anti-atlasique se limite à la zone de l'Accident majeur de l'Anti-Atlas qui précédemment a livré passage aux ophiolites. Le reste de l'Anti-Atlas reçoit sa couverture de plate-forme épicontinentale. Par contre, le NW de l'Ahaggar émerge et se couvre de vulcanites acides potassiques du type « subséquent » ainsi que sans doute de dépôts continentaux suivis de dépôts marins actuellement gneissifiés.

2B. Pendant l'orogénie des *Anti-Atlasides occidentales = Pharusides II*, les granitoïdes suivants se mettent en place : les diorites quartziques médiane et méridionale d'El-Graara, ainsi que des plu-

— systèmes — le Précambrien I-II et le Précambrien II — en un seul, il n'est pas toujours clair de savoir de quelles roches il parle : celles du Pr. II ou celles du Pr. I-II.

tons granitiques dans la zone de N'Kob-Imdhrar-Oufella. Dans le NW de l'Ahaggar, ce plutonisme est très intense et la « série alcaline » reçoit un grand nombre de massifs allongés de granite, granodiorite ou diorite quartzique d'allure migmatitique.

3A. Au Précambrien II-III = *Pharusien supérieur* (« Série verte ») un régime géosynclinal, caractérisé ou bien par des flyschs (J. Siroua - J. Sarhro) ou bien par des séries vulcano-sédimentaires (NW d'Ahaggar), envahit la majeure partie de l'Anti-Atlas et du NW de l'Ahaggar. Cependant, la moitié Sud de l'Anti-Atlas, qui correspond au front du continent africain (Zagorides et Berbérides) reçoit des séries épicontinentales précédées par un volcanisme rhyolitique « subséquent ».

3B. L'orogénie des *Anti-Atlasides orientales* = *Pharusides III*, est la dernière orogénie précambrienne, autant dans l'Anti-Atlas que dans le NW de l'Ahaggar. Dans les deux régions, elle doit dater de ± 1000 Ma (= Grenvillien = Dalslandien = Kibarien = Matsap orogeny). Elle provoque la mise en place d'immenses batholites dans l'Anti-Atlas (Tifnout-Ouzellarh, Id-ou-Iloun, etc...). Dans El-Graara naissent les diorites quartziques septentrionales et le granite calco-alcalin de Krekid. Dans le NW de l'Ahaggar, c'est la mise en place du pluton de Tin-ed-Ehou, ainsi que du massif arrondi au front du môle de Tassendjanet. Le métamorphisme et le plissement produits par les *Pharusides III* sont très importants. Ils oblitèrent et rendent méconnaissables les effets des *Pharusides II* et I.

Quelques conséquences

Cet essai synthétique soulèvera évidemment l'opposition des tenants de l'orogénie de 650-550 Ma. En effet, plusieurs points admis par R. Caby ne pourront plus être pris en considération.

L'ÉVÈNEMENT DE 650-550 Ma.

Tout d'abord, la chaîne géosynclinale du Précambrien supérieur datant de 600 Ma n'a pas de place dans notre tableau. Elle devient le remarquable épisode thermo-tectonique pan-africain défini naguère par W.Q. Kennedy (1964), épisode qui a provoqué ce rajeunissement immense et monstrueux. D'ailleurs à notre sens, l'étude de cet épisode, unique dans son genre, est bien plus passionnante que celle d'une chaîne orogénique banale.

PROBLÈME DES STROMATOLITES DE LA BORDURE DE TASSENDJANET

Si l'on veut être logique, le principe de l'unité des faciès qui a été néfaste au début des études dans l'Anti-Atlas (p. ex. une seule époque de calcaires, une seule époque de quartzites, ainsi que des rhyolites, etc...) ne devrait pas non plus s'appliquer aux calcaires à Stromatolites de la bordure Sud du massif de Tassendjanet. Rien ne prouve en effet, sauf peut-être l'abondance des roches basiques et ultrabasiques, que ce faciès de plate-forme soit l'équivalent des marbres à Stromatolites du *Pharusien inférieur* de la zone métamorphique d'Égatalis-Adrar-Tideridjaouine.

Ils pourraient être parallélisés avec les calcaires à Oncholites de Tarhdoute et de N'Kob (Anti-Atlas central), car dans ces derniers, on observe aussi des intercalations de serpentine et de talc. Ce seraient alors des dépôts côtiers ou de mer peu profonde ceinturant au Nord la zone émergée caractérisée par son volcanisme rhyolitique du *Pharusien moyen*.

Personnellement, nous aurions attribué les calcaires à Stromatolites de Tassendjanet plutôt à la « Série verte » (*Pharusien supérieur*) dont ils représenteraient le faciès épicontinental de base.

En effet, dans la province de Tarfaya, le Précambrien II-III (= II³) contient des lentilles calcaires à *Collenia* et Stromatolites en colonnes. Elles y apparaissent vers le milieu de la série du Précambrien II-III et pourraient donc dater de 1100 à 1200 Ma. Cette « flore » ne serait en définitive que de 300 à 400 Ma seulement, plus ancienne que celle des calcaires d'El-Hank-Atar du flanc Nord du bassin de Taoudeni. Aussi, l'analogie de ces deux « flores », soulignée par les auteurs, pourra s'expliquer aisément. Mais il ne faut pas se baser sur cette analogie pour essayer de rajeunir inconsidérément la chaîne des *Pharusides III* (3).

PROBLÈME DU SYNCHRONISME DES « OPHIOLITES »

Pour tourner la difficulté et paralléliser coûte que coûte les « séries ophiolitiques » de l'Ahaggar (métabasites et ultrabasites) et de l'Anti-Atlas, R. Caby a placé les « ophiolites » de l'Anti-Atlas au-dessus du Précambrien II (= II²). Ceci est manifestement faux et contraire à ce que nous avons montré au cours du Colloque. En effet, le Précambrien II comporte surtout des vulcanites basiques à andésites prédominantes.

La solution que nous avons proposée dans les pages qui précèdent, de paralléliser le Précambrien II avec la « Série alcaline » de métarhyolites, felsites et gneiss alcalins variés, permettra d'arriver au résultat recherché, c'est-à-dire au parallélisme des

(3) Mme M. Raaben, questionnée au sujet de la ressemblance de ces deux « flores » de Stromatolites, nous a répondu qu'elle ne pouvait pas affirmer catégoriquement leur identité.

venues ophiolitiques de l'Anti-Atlas et de l'Ahaggar, sans déformer les faits d'observation.

L'idée de contemporanéité entre les « venues ophiolitiques » du NW de l'Ahaggar et de l'Anti-Atlas est en soi une idée excellente de R. Caby (1970). En effet, cela permet de retrouver les mêmes étapes d'évolution et les mêmes successions magmatiques dans les deux zones mobiles qui ceinturent le craton de l'Ouest africain et se rejoignent, sans doute par la zone également mobile de la chaîne d'Ougarta. Cependant rien ne prouve qu'il n'y avait pas plusieurs venues de cette nature dans chaque secteur considéré. Dans ce cas c'est évidemment la première venue ophiolitique qui compte pour les parallélismes à grande distance.

PROBLEME DU SYNCHRONISME DES VENUES GRANITIQUES

Tout comme les « séries ophiolitiques » dont la venue a lieu au cours du premier cycle orogénique du Précambrien moyen (Pr. I-II = Pharusien inférieur), les deux venues de granites calco-alcalins, passant à des granodiorites et des diorites quartziques de l'Anti-Atlas, retrouvent leurs équivalents exacts dans le NW de l'Ahaggar. (Il faut remarquer cependant que dans la légende de la carte géologique de R. Caby, ces deux venues ne sont pas séparées et figurent dans les mêmes caissons).

La première, celle du Précambrien II, est équivalente des plutons logés dans la « Série alcaline ». La deuxième, appartenant au Précambrien II-III, correspond aux massifs logés dans la « Série verte » (Tin-ed-Ehou) et les calcaires de la bordure Sud de Tassendjanet. Seulement, évidemment, ces granites, granodiorites et diorites quartziques de l'Ahaggar, ont subi un métamorphisme beaucoup plus fort que leurs homologues anti-atlasiques, qui se traduit par une foliation et une gneissification de ces granites.

Ceci semble caractériser surtout les plutons de la première venue, logés dans la « Série alcaline » (représentés sur la carte géologique de R. Caby (1970) avec le signe de migmatites).

Des deux venues granitiques calco-alcalines de l'Anti-Atlas, celle du Précambrien II-III n'a pratiquement subi aucun métamorphisme. Parmi ses plutons, il y a lieu de citer d'abord l'immense massif de Tifnout-Ouzellarh, le plus grand des batholites granitiques du Maroc. Le deuxième, celui d'Id-ou-Iloun, est connu par le fait qu'il a donné l'âge théorique de cette orogénie : ± 1000 Ma. Cela lui a valu d'ailleurs d'être classé par R. Caby dans des granites subvolcaniques anté-tectoniques. La troisième, la diorite quartzique septentrionale de Bou-Azzer-El-Graara, a subi une attribution analogue de la part de M. Leblanc : mais cette fois-ci, elle a été « rajeunie » et considérée comme granite subvolcanique du Précambrien III. En effet, cette diorite quartzique granitise des rhyolites, cependant ce sont des rhyolites de la base du Précambrien II-III (Bou-ou-Frouh et Ambed).

Par contre, les diorites quartziques du Précambrien II ont été métamorphosées et sont généralement orientées (diorite quartzique médiane) ou rétro-morphosées (diorite quartzique méridionale souvent épidotisée).

Il est évident que ces deux venues sont, comme dans le NW de l'Ahaggar, postérieures aux ultrabasites (ophiolites) qui, elles, datent de la première orogénie du Précambrien moyen (Anti-Atlasides centrales, cycle du Précambrien I-II). Ceci a également été controversé, notamment par M. Leblanc, qui voudrait que les diorites quartziques soient contemporaines du complexe ophiolitique. Or ce même auteur décrit des contacts qui témoignent du contraire. D'autre part, au NNW de Bou-ou-Frouh, tout près de la bordure rhyolitique, des apophyses de la diorite quartzique médiane traversent la serpentine : on y observe deux pointements granitiques, entourés de couronnes réactionnelles.

Le même phénomène s'observe près de Bou-Azzer (à l'Est, sur la route goudronnée). D'autres pointements granitiques semblables apparaissent à l'Est d'Irhtem au sein des roches basiques du cortège des ultrabasites. Nous pensons que ces quelques exemples suffisent pour démontrer par des faits précis la chronologie relative des ultrabasites et des diorites quartziques médianes.

Conclusions

Le Colloque international du C.N.R.S., qui s'est tenu surtout dans l'Anti-Atlas (mais aussi à Rabat) du 3 au 23 Mai 1970, a été organisé à l'initiative de notre ami J. Marçais. Il devait être le premier d'une série de colloques sahariens destinés à permettre aux géologues travaillant dans des secteurs éloignés les uns des autres d'échanger les fruits de leurs expériences et de trouver des termes de comparaison pour aboutir en fin de compte à des ébauches de corrélations pour les termes successifs du Précambrien.

L'intérêt de l'Anti-Atlas est multiple. D'une part, grâce aux progrès de la géochronologie, on commence à bien connaître l'âge des terrains anciens de son substratum : des Zagorides et des Berbérides. D'autre part, il a l'immense avantage d'avoir de riches faunes d'Archaeocyathes et de Trilobites dès la base de son Cambrien inférieur. Entre ces deux repères, se place un Précambrien moyen complexe et un Précambrien supérieur fort complet. Malheureusement, au point de vue géochronologique, ces

formations sont pour le moment encore assez mal datées. D'une part, leur rajeunissement par les orogénies paléozoïques: baïkalienne, calédonienne (taconique), voire hercynienne, y est extrêmement intense, d'autre part, les études géochronologiques n'y sont pas encore suffisamment avancées. Aussi ce sont surtout les études géologiques détaillées qui permettent de démêler la stratigraphie et la succession de phases orogéniques au cours de ce laps de temps, allant depuis l'activité plutonique tardive des Berbérides (granites de Tazenakht - 1750 Ma) jusqu'aux premiers Trilobites (570 Ma).

C'est surtout l'histoire des trois chaînes du Précambrien moyen — les Anti-Atlasides centrales, occidentales et orientales, puis la succession stratigraphique du Précambrien supérieur —, que nous nous sommes efforcés de bien faire voir et bien faire comprendre aux participants. Le fait principal de cette époque est la dernière chaîne précambrienne, celle par laquelle s'achève l'époque que nous avons appelé le Précambrien moyen et à partir de laquelle commence notre Précambrien supérieur ⁽⁴⁾.

Le problème de son âge est donc un problème capital qui aura une répercussion immédiate pour toute la moitié Ouest de l'Afrique.

Dans les pages qui précèdent, nous avons exposé les arguments pour la datation de cette chaîne à ± 1000 Ma (= Grenvillien = Dalslandien = Kibarien = Matsap orogeny). Si les arguments géochronologiques en notre possession sont encore assez faibles, quoique favorables, les arguments géologiques, qu'ils soient pris sur place ou dans les pays voisins, sont très convaincants.

Nous avons transposé l'échelle orogénique et stratigraphique obtenue dans l'Anti-Atlas sur un secteur actuellement bien connu de l'Ahaggar. Ceci nous a permis de démontrer que l'interprétation actuelle du pays où la géochronologie donne uniformément des âges compris entre 650 et 550 Ma, comme c'est le cas de l'Ahaggar, doit être révisée. En effet, sauf pour les chaînes du type de Katanga ou de Damara, l'« événement » qui a affecté l'Afrique entre 650 et 450 Ma n'a rien de commun avec une chaîne orogénique géosynclinale, c'est un événement thermo-tectonique complexe qui semble ne pouvoir provoquer au maximum qu'un rajeunissement complet et quasi total de toutes les roches anciennes. On sait qu'il a été reconnu naguère par W.Q. Kennedy (1964), qui l'a appelé « Episode thermo-tectonique pan-africain ».

Dans la plupart des pays rajeunis par cet épisode monstrueux, l'avancement des études radiométriques permet de retrouver des « âges reliques » dans un nombre croissant de points. Aussi, peu à peu, les géologues abandonnent l'idée de vastes chaînes géosynclinales, de vastes zones plissées par une orogénie de 600-500 Ma. Cet âge est celui du rajeunissement, tandis que le plissement des séries rajeunies a eu lieu à une période bien antérieure.

Ceci n'est malheureusement pas l'avis des géologues sahariens, notamment de R. Caby, M. Gravelle, etc... qui maintiennent « contre vents et marées » leurs chaînes géosynclinales de 600-500 Ma. Il est donc à craindre que l'Ahaggar ne reste encore pendant longtemps une des dernières forteresses du mythe de la chaîne orogénique du Précambrien supérieur.

ANNEXE

Corrélations géochronologiques

Dans cette annexe, nous nous proposons d'essayer les corrélations basées sur la géochronologie, en laissant de côté toutes les autres considérations, autant stratigraphiques que tectoniques. Cet essai sera destiné surtout à la géochronologie africaine, ce qui est d'ailleurs facilité par la légende de la carte tectonique de l'Afrique au 1/5 000 000, sortie de presse en 1968 et par conséquent pas encore trop démodée.

GEOCHRONOLOGIE DE L'ANTI-ATLAS

Tout d'abord, il faut rappeler la succession géochronologique du Précambrien de l'Anti-Atlas (voir le livret-guide). On sait que les études géochronologiques ont été entreprises dans cette chaîne dès

1954, d'abord au Laboratoire de Geochron (U.S.A.) et à Bruxelles, puis à Rabat (par R. Charlot et D. Tisserant).

Ces études ont permis, d'une part, de dater avec assez de précision certains systèmes, d'autre part, d'établir une succession de « lignées d'âges géochronologiques » correspondant à des événements successifs qui ont eu lieu dans l'Anti-Atlas et qui se traduisent par des rajeunissements variés affectant les roches des systèmes différents (Charlot & al., 1970). Ces « lignées » permettent de caractériser l'âge approximatif des différentes orogénies et ainsi de remédier à l'insuffisance de mesures directes due soit aux rajeunissements, soit au manque de matériel mesurable (absence de granites), soit à d'autres causes.

Nous donnerons d'abord les caractéristiques géochronologiques des orogénies successives du Précambrien de l'Anti-Atlas (tableau II).

(4) Par exemple pour les auteurs soviétiques, le terme de Précambrien moyen désigne les Karélides-Svecofennides, qui datent de 1850 à 2000 Ma. Ainsi notre Précambrien moyen entre dans leur Riphéen, qui englobe le laps de temps de 1700 à 600 Ma.

Anti-Atlasides orientales (Pr. II-III ou II³) : on n'y possède encore qu'une seule date ponctuelle obtenue sur le granite des Id-ou-Iloun (W du Siroua) de 935 à 1015 Ma (selon le rapport isotopique utilisé). La lignée des âges rajeunis à 900-1100 Ma, qui correspond à cette orogénie, comprend huit chiffres, obtenus par Rb/Sr ou K/A, sur les schistes micacés et sur les muscovites des granites des Berbérides et des Zagorides. L'âge obtenu sur l'adinite de Tarhdoute appartient à la même lignée.

La lignée de 900-1100 Ma est précédée par celle de 1200-1300 Ma. Sa signification n'est pas très claire : il s'agit ou bien d'une phase orogénique précoce des *Anti-Atlasides orientales*, ou bien de l'âge du volcanisme rhyolitique et des granites subvolcaniques associés qui caractérisent le début de ce cycle orogénique.

Anti-Atlasides occidentales (Pr. II ou II²) : toutes les mesures sur des roches de cette chaîne ont donné des âges rajeunis, se plaçant dans des lignées précédentes. Cependant, une nouvelle lignée apparaît vers 1400-1500 Ma. Nous admettons provisoirement qu'il s'agit de la lignée de cette chaîne.

Anti-Atlasides centrales (Pr. I-II ou II¹) : pour cette chaîne, il n'y a pas non plus de mesures directes ; d'ailleurs, il s'agit de la première chaîne postérieure aux Berbérides, aussi sa lignée des âges rajeunis sera la première après la mise en place des granites de Tazenakht (1750 Ma). Effectivement, on connaît une phase de rajeunissement très importante vers 1650 Ma, qui a surtout travaillé les Zagorides. La lignée correspondant aux *Anti-Atlasides centrales* sera donc celle de 1550-1650 Ma.

Berbérides (Pr. I) : cette chaîne est caractérisée par trois dates bien établies par des isochrones :

- 1750 Ma — granite de Tazenakht,
- 1850 Ma — granite d'Azguemerzi,
- 1950 Ma — rajeunissement des granites du Tazeroualt dans les Zagorides.

Zagorides (Pr. 0) : on n'y possède encore que deux âges ponctuels de 2450 et de 2550 Ma.

CORRELATIONS GEOCHRONOLOGIQUES AFRICAINES

L'orogénie de ± 1000 Ma est bien connue dans le monde. C'est le PB₁ de la carte tectonique de l'Afrique ; le Dalslandien scandinave ± 1000 Ma ; Néohélien canadien ou Grenvillien (955 Ma) ; Riphéen moyen de l'Oural.

En Afrique, c'est la grande chaîne de Kibara-Burundi (Congo oriental) dont les pegmatites post-tectoniques datent de 850-1115 Ma. C'est également la Matsap Orogeny en Afrique du Sud, caractérisée par le gisement uranifère de Gardonia (875-1000 Ma) et le rajeunissement des « Gray gneiss » du système de Kheis du Namaqualand (SW Africain 950-

1170 Ma). On retrouve ces dates en Angola : 950-1050. Enfin, quatre dates comprises entre 900 et 1100 Ma ont été découvertes dans le Pharusien de l'Ahaggar.

L'orogénie de 1400 à 1500 Ma est connue au Canada : Paléohélien (= Elsonien) — 1370 Ma. C'est aussi le Riphéen inférieur de l'Oural. En Scandinavie, c'est une époque de calme orogénique et de dépôt du Jotnien (1400 Ma).

En Afrique, cette orogénie (PB₂) est mal caractérisée. Cependant, la chaîne de Kibara-Burundi voit se former des plissements précoces accompagnés de granites, notamment les « Arena » granites, datant de 1370 Ma. Dans l'Afrique orientale, les formations d'Ukingan, de Konse et d'Itiaso dateraient de 1400 Ma. Le Wota granite est même un peu plus vieux : 1520-1565 Ma. On retrouve des rajeunissements compris entre 1380 et 1521 en Angola. Enfin, à Gardonia, la première minéralisation date de 1400 Ma.

L'orogénie de 1600 à 1700 Ma ou PC₁ correspond à l'Aphélien canadien (= Hudsonien 1735 Ma). En Scandinavie, les Rapakivi étaient datés de 1650 Ma, mais à présent on les vieillit quelque peu. En U.R.S.S., c'est la base du Riphéen.

Ces dates sont fréquentes dans la chaîne éburnéenne de la Côte d'Ivoire, surtout parmi les granites post-tectoniques circonscrits de Bondoukou (1650 Ma). On possède une date semblable au Dahomey (orthogneiss de Kouandé 1650 Ma).

La chaîne du Mayombe semble correspondre assez exactement à cette orogénie. Elle s'inscrit entre 1500 et 1800 Ma. En Angola, les dates de 1850 et 1680 sont assez fréquentes.

Plus au Sud, c'est la chaîne Tumbide (Zambie) avec le Mtuga aplitite 1650 Ma et les rhyolites de Marangu, accompagnées de granites et d'alaskites (1650 Ma). Les granites de 1650 Ma sont d'ailleurs fréquents au Congo oriental et dans l'Afrique orientale. On en connaît dans le Ruzizien, dans l'Usagarien, etc..

Les équivalents de l'orogénie de (1750) - 1850-1950 ou du PC₂ sont surtout les Eburnéides de la Côte d'Ivoire avec ses granites Baoulé et Bondoukou, dont les âges s'inscrivent entre 1750 et 2100 Ma. Leurs équivalents dans la Dorsale reguibat datent de ± 2000 Ma. Dans l'Ahaggar on peut citer le granite de Tassendjanet (1850 Ma).

Au Congo, on trouve le même âge pour le Kibalien (1850-2050 Ma) et le Lukoshien (1840 Ma). Plus à l'Est, ce sont les systèmes de Toro et de Buganda (1850-1870 Ma), ainsi que Rwanda (2100 Ma). Enfin, en Afrique du Sud, d'une part la Limpopo orogeny date de 2000 Ma, d'autre part, la mise en place du Complexe igné de Bushveld se produit à 1950 Ma.

La plus ancienne orogénie de l'Anti-Atlas, les Zagorides, de 2600 Ma (PD₁) caractérise également

les vieux cratons de l'Afrique (PD₁) : charnockites d'In-Ouzzal au Hoggar (2700-2800 Ma) ; Amsaga dans la partie Ouest de la Dorsale reguibat (2580 Ma) ; gneiss et granites du Liberia et de la Sierra Leone (Kambui schists, 2500-2750 Ma) ; charnockites du Man en Côte d'Ivoire (2640 Ma) ; le Dibayen dans le Kasai (2700 Ma) ; le Kavirondien en Afrique Orientale (2600 Ma) ; Zoetliel en Afrique du Sud (2640 Ma). Cette liste aurait pu être facilement doublée.

Ainsi, la plupart des chaînes précambriennes de l'Anti-Atlas se rattachent aux grandes époques orogéniques de l'Afrique. On n'éprouve quelques difficultés que pour trouver des équivalents africains des Anti-Atlasides occidentales. En effet, à ce moment là, on y assiste au premier déclenchement des plissements de la grande chaîne des Kibarides dont l'achèvement est contemporain des Anti-Atlasides orientales.

Par contre au Canada, l'orogénie Elsonienne

semble être bien caractérisée et se distingue sans difficulté de l'orogénie grenvillienne.

Quant aux Anti-Atlasides centrales, dont l'individualisation présente certaines difficultés au Maroc, et dont l'existence a été mise en doute par certains participants du Colloque, elles correspondent à une époque orogénique de première importance, autant sur le continent africain qu'au Canada.

Enfin, les formations les plus anciennes de l'Afrique, dont l'âge est de 3000 Ma ou plus (PD₂) sont mal connues dans l'Anti-Atlas. Les formations qui correspondent à ces chaînes très anciennes (Kartarchéen) sont surtout développées dans l'Afrique du Sud (Swaziland), la Rhodésie (Bulawayen, Sebakwien), etc... Plus au Nord, leur correspondent le Dodomien et le Nyanzien, et enfin le West-Nilien.

En Afrique occidentale, ces terrains très anciens sont rares. Ils existent en Sierra Leone et se développent au Liberia.

REFERENCES

- ALIMEN H., LE MAITRE D., MENCHIKOFF N., PETER G. & POUYTO A. (1952) : Les chaînes d'Ougarta et de la Saoura. 19^e Congr. géol. int. Alger 1952, Monogr. région. 1^o sér., Algérie, n° 15, 120 p.
- ANDREWS-JONES D.A. (1966) : Geology and Mineral Resources of the Northern Kambui Schist belt and adjacent granulites. *Bull. geol. Surv. Sierra Leone*, n° 6, 100 p.
- ARNOULD M. (1961) : Etude géologique des migmatites et des granites précambriens du NE de la Côte d'Ivoire et de la Haute-Volta (thèse). *Bull. Dir. Géol. Prosp. Min Côte d'Ivoire*, n° 1, 150 p. (& *M. Bur. Rech. géol & min.*, n° 3).
- ARBAY F. & CABY R. (1966) : Présence de dreikanter à la base du Cambrien de la Sebkhah el Mellah ; remarques sur la discordance du Paléozoïque et sur l'âge du soubassement dans la région des monts d'Ougarta (Sahara algérien). *C. R. Somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 63-64.
- BASSOT J.-P. (1966) : Etudes géologiques du Sénégal oriental et de ses confins guinéo-maliens. *M. Bur. Rech. géol & min.*, n° 40, 322 p.
- BERTRAND J. (1968) : Les édifices stromatolitiques précambriens de la « série à Stromatolites » du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 10, pp. 168-178.
- BERTRAND J. (1968) : Découvertes de micro-organismes dans les Stromatolites de la série pourprée (Tanezrouft oriental). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 266.
- BERTRAND-SARFATI J. (1969) : Etude comparative des édifices stromatolitiques de plusieurs horizons calcaires du Précambrien supérieur de l'Ahaggar occidental (Tanezrouft et Ahnet). *Bull. Soc. Hist. nat. Afrique du Nord*, 60, 1 et 2, pp. 21-37.
- BERTRAND-SARFATI J. & RAABEN M. (1970) : Comparaison des Stromatolites du bord Nord du synclinal de Taoudeni avec les formations similaires de la Sibérie. *Bull. Soc. géol. Fr.* (7), 12, pp. 364-371.
- BERTRAND J.M.L. & CABY R. (1965) : Nouvelles observations sur le Précambrien du Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara algérien). *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 261, pp. 3845-3848.
- BERTRAND J.M.L., BOISSONNAS J., CABY R., GRAVELLE M. & ELUBRE M. (1966) : Existence d'une discordance dans l'Antécambrien du « fossé Pharusien » de l'Ahaggar occidental (Sahara central). *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 262 (D), pp. 2197-2200.
- BLACK R. (1966) : Sur l'existence d'une orogénie riphéenne en Afrique occidentale. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 262, pp. 1046-1049.
- BLACK R. (1967) : Sur l'ordonnance des chaînes métamorphiques en Afrique Occidentale. *Chron. Mines Rech. Min.*, n° 364, pp. 225-238.
- BOISSONNAS J. (1963) : Les structures annulaires des granites des « Taourirts » en Ahaggar occidental (Sahara). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 5, pp. 695-700.
- BOISSONNAS J., DUPLAN J., MAISONNEUVE L., VACHETTE J. & VIALETTE Y. (1965) : Etude géologique et géochronologique des roches du compartiment suggarien du Hoggar central, Algérie. *Annls Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 73, fasc. 8, pp. 73-90.
- BOISSONNAS J., BORSI S., FABRE J., FABRIÈS J., FERRARA G. & GRAVELLE M. (1969) : On the lower Cambrian age of two late orogenic granites from West-Central Ahaggar (Algérie-Sahara). *Can. J. Earth Sci.*, vol 6, n° 1, pp. 25-37.
- BONHOMME M. (1962) : Contribution à l'étude géochronologique de la plate-forme de l'Ouest africain. *Annls Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 5, 60 p.

- BOZHKO N.A. (1969) : Stratigraphy and tectonics of the Voltaian basin. 5° Colloq. Géologie Afric. Clermont-Ferrand, 9-11 Avril 1969. *Annls Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 41, Géol. Minér. 19 pp. 3-4.
- CABY R. (1967) : Un nouveau fragment du craton de l'Ouest Africain dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara algérien) : ses relations avec la série à Stromatolites, sa place dans l'orogénie du Précambrien supérieur. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 265 pp. 1452-1455.
- CABY R. (1967) : Existence du Cambrien à faciès continental (« série pourprée », « Nigritien ») et importance du volcanisme et du magmatisme de cet âge au Sahara central (Algérie). *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 264, (D), pp. 1386-1389.
- CABY R. & MOUSSU H. (1967) : Une grande série détritique du Sahara : stratigraphie, paléogéographie et évolution structurale de la « série pourprée » dans l'Aseg'rad et le Tanezrouft oriental (Sahara oriental). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 9, pp. 876-889.
- CABY R. (1969) : Une nouvelle interprétation structurale et chronologique des séries à « faciès suggarien » et à « faciès pharusien » dans l'Ahaggar. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 268, (D), pp. 1248-1251.
- CABY R. (1970) : La chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara central, Algérie) : sa place dans l'orogénie du Précambrien supérieur en Afrique. Thèse (22 Juin 1970). Fac. Sci. Montpellier (en cours d'impression. *Bull. Serv. carte géol. Algérie*).
- CABY R. (1972) : Evolution pré-orogénique, site et agencement de la chaîne pharusienne dans le Nord-Ouest de l'Ahaggar (Sahara algérien) : sa place dans l'orogénie pan-africaine en Afrique occidentale. Communication au Colloque international du C.N.R.S. (3-23 Mai 1970) : Sur les corrélations du Précambrien Agadir-Rabat. *Notes & M. Serv. géol. Maroc*, n° 236, pp. 65-80.
- CAHEN L., CHOUBERT G., HINDERMEYER J. & HOLLARD H. (1953) : Sur la présence probable de tillites dans le Précambrien III de l'Anti-Atlas. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 236, pp. 1291-1293.
- CAHEN L. (1963) : Glaciations anciennes et dérive des continents. *Annls Soc. géol. Belge*, Liège, t. 86, pp. B 19 - B 84.
- CAHEN L. & SNELLING N.J. (1966) : The geochronology of equatorial Africa. *North. Holland Publ. C.*, Amsterdam, 195 p.
- CHARLOT R., CHOUBERT G., FAURE-MURET A. & TISSERANT D. (1967-1970) : Etude géochronologique du Précambrien de l'Anti-Atlas. (Communication à la Conférence internat. Géochronolog. 1967 Edmon- ton, Canada, modifiée). *Notes Serv. géol. Maroc*, t. 30, n° 225, pp. 99-134.
- CHOUBERT G. & FAURE-MURET A. (1966) : La carte tectonique de l'Afrique au 1/5 000 000. 22° Congr. géol. intern. New-Delhi, 1964, Comm. Carte géol. Monde, pp. 43-59.
- CHOUBERT G., FAURE-MURET A. & CHARLOT R. (1963) : Le problème du Cambrien en Afrique. *R. Géogr. phys. & Géol. dynam.*, (2), vol. 10, fasc. 4, pp. 289-310.
- CHOUBERT G. & FAURE-MURET A. (1966) : Notice explicative Carte Tectonique Internationale de l'Afrique (1:5 000 000). UNESCO-ASGA, version française, pp. 7-37.
- CHOUBERT G., FAURE-MURET A. & al. (1970-1971) : Mémoire explicatif de la Carte Tectonique de l'Afrique au 1:5 000 000. UNESCO, Paris, 602 p.
- CHOUBERT G. & FAURE-MURET A. (1970) : Principales caractéristiques du Précambrien de l'Anti-Atlas. in : Livret-guide de l'Excursion dans l'Anti-Atlas du Colloque international du C.N.R.S., n° 192, sur les corrélations du Précambrien. *Notes & M. Serv. géol. Maroc*, n° 229, pp. 7-24.
- CLIFFORD T.N. (1966) : Tectono-metallogenic units and Provinces of Africa. 10th Ann. Rep. Sci. Res. Inst. African Geol. Univ. Leeds, pp. 43-45.
- CLIFFORD T.N. (1967) : African structure and convergence. 11th Ann. Rep. Sci. Res. Inst. African Geol. Univ. Leeds, pp. 7-9.
- DEBOS Y. (1964) : Mesures d'âges absolus sur les séries précambriennes de Madagascar. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 252, pp. 1853-1855.
- DEBOS Y. (1964) : Le Cambrien et la base de l'Ordovicien dans la partie orientale et méridionale du Tafilalet (Maroc). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 5, pp. 938-945.
- EFFENDIOT P., FERRARA G., GLANCEAUD L., GRAVELLE M. & TONCIERGI R. (1963) : Sur l'âge absolu des séries métamorphiques de l'Ahaggar occidentale dans la région de Silet Tinehaouine (Sahara central). *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 256 pp. 1126-1128.
- FABRE J., FREULON J.M. & MOUSSU H. (1962) : Présence d'une tillite dans la partie inférieure de la « Série pourprée » de l'Ahnet (NW de l'Ahaggar, Sahara central). *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 255, pp. 1965-1967.
- FAIRBAIRN H.W. & HURLEY P.M. (1969) : Northern Appalachian geochronology as a model for interpreting ages in older orogens. *Massachusetts Inst. Technol., Cambridge*, 1381-17. 17th Ann. Progress Report, 1969, pp. 11-17.
- FERRARA G. & GRAVELLE M. (1966) : Radiometric ages from western Ahaggar (Sahara) suggesting an eastern limit for the West African craton. *Earth Planetary Sci. Lett.*, 1 pp. 319-324.
- GIRAUDON R. & VACHETTE M. (1964) : Mesures d'âges absolus sur les formations de Mauritanie. *C. R. Acad. Sci., Paris*, t. 258, pp. 3520-3523.
- GRANT N.K. (1969) : The late Precambrian to Early Paleozoic Pan African Orogeny in Ghana, Togo, Dahomey and Nigeria. *Bull. geol. Soc. Am.*, vol. 80, pp. 45-56.
- GRANT N.K., REX D.C., BURKE K.C. & FREETH S.J. (1969) : The Geological sequence and geochronology of old basement rocks from Ibadan (Nigeria). 5° Colloque Géologie Africaine Clermont-Ferrand 9-11 Avril 1969. *Annls Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 41, Géol.-Minér., 19, p. 84.
- GRAVELLE M. & LETOLLE R. (1963) : Sur l'âge apparent de deux galènes du Précambrien de la région de Silet (Ahaggar occidentale, Sahara central). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 45-46.

- GRAVELLE M. (1965) : Problèmes de la géologie de l'Anté-Cambrien dans la région de Silet (Ahaggar occidental, Sahara central). *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, pp. 232-233.
- GRAVELLE M. (1969) : Recherches sur la géologie du socle précambrien de l'Ahaggar centro-occidental dans la région de Silet-Tibehaouine. Thèse, Fac. Sci. Univ. de Paris.
- JOURAVSKY G. (1952) : Cobalt et nickel in Géologie des gîtes minéraux marocains. *Notes & M. Serv. géol. Maroc*, n° 87 & 19° Congr. géol. intern., Alger, Monogr. région. (3°) n° 1. pp. 87-101.
- JOURAVSKY G. & POUIT G. (1960) : Sur la stratigraphie du Précambrien III et ses relations avec le Précambrien II dans la région de Bou-Azzer (Sud marocain). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 250, pp. 159-161.
- JOURAVSKY G. & de TREY M. (1963) : Sur les caractères lithologiques et origine des « schistes verts » du Précambrien II dans la région de Bou-Azzer (Anti-Atlas, Sud marocain). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 256, pp. 3728-3730.
- KARPOFF R. (1946) : Stratigraphie de l'Antécambrien du Sahara : le Nigritien. *C. R. Acad. Sci.*, Paris, t. 223, pp. 428-429.
- KARPOFF R. (1960) : La géologie de l'Adrar des Iforas (Sahara central) (thèse). *Bull. Serv. géol. Prosp. Min.*, Dakar, n° 30, 265 p.
- KARPOFF R. (1960) : Existence probable d'une tillite au NW de l'Adrar des Iforas. *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, p. 176.
- KENNEDY W.Q. (1964) : The structural differentiation of Africa in Pan African (+ 500 m.y.) tectonic episode. *8th Ann. Rep. Res. Inst. African geol., Univ. Leeds*, pp. 48-49, (Sess. 1962-63).
- LASSERRE M. & LAMEYRE Y. (1969) : Données stratigraphiques et géochronologiques sur la dorsale précambrienne du pays Reguibate (Mauritanie du Nord, Algérie). 5° Colloque Géol. Africaine, Clermont-Ferrand, 9-11 Avril, *Annls. Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 41, *Géol. Minér.*, 19°, pp. 48-49.
- LAY C. & LEDENT D. (1963) : Mesures d'âge absolu de minéraux et de roches du Hoggar (Sahara central). *C. R. Acad. Sci.*, Paris, 257, pp. 3188-3191.
- LEBLANC M. (1972) : Un complexe ophiolitique dans le Précambrien II de l'Anti-Atlas central (Maroc) : description, interprétation et position stratigraphique. Commun. Coll. internat. du C.N.R.S. (3-23 Mai 1970), Agadir-Rabat, *Corrélation du Précambrien. Notes & M. Serv. géol. Maroc*, n° 236, pp. 119-144.
- LELUBRE M. (1952) : Recherches sur la géologie de l'Ahaggar central et occidental (Thèse). *Bull. Serv. géol. Algérie*, (2) n° 22, t. I (354 p.) et t. II (386 p.).
- LELUBRE M. (1958) : La « série pourprée » de l'Ahnet et les problèmes des séries intermédiaires au Sahara central. in « Les relations entre Précambrien et Cambrien ». Colloque internat. C.N.R.S., 1957, n° 76, pp. 173-190.
- MALUSKI H. & ALLÈGRE C. (1970) : Problème de la datation par le couple $^{87}\text{Rb}/^{87}\text{Sr}$ des socles gneissiques : exemple des gneiss de Bormes (massif hercynien des Maures, France). *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 270, (D), pp. 18-21.
- MENCHIKOFF N. (1946) : Les formations à Stromatolites dans le Sahara occidental. *Bull. Soc. géol. Fr.* (5), 16, pp. 451-461.
- MENDES F. (1964) : Ages absolus par la méthode au strontium de quelques roches d'Angola. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 258, pp. 4102-4104 et t. 262, pp. 2201-2203.
- MONOD Th. & BURCART J. (1932) : L'Adrar Ahnet, contribution à l'étude physique d'un district saharien. *R. Géogr. phys. & Géol. dynam.*, t. 5, fasc. 3, pp. 245-297.
- MONOD Th. (1952) : L'Adrar mauritanien (Sahara occidental). *Bull. Direct. Mines A.O.F.*, Dakar, n° 15, t. I, 284 p.
- MOORBATH S. (1965) : Isotopic dating of metamorphic rocks in « Controls of metamorphism ». *Oliver & Boyd*.
- NICOLAYSEN L.O. (1962) : Stratigraphic interpretation of age measurements in Southern Africa. *Petr. Studies : Buddington Vol. (Geol. Soc. Am.)*, pp. 569-598.
- NICOLAYSEN L.O. & BERGER A.J. (1965) : Note on an extensive zone of 1000 million-year old metamorphic and igneous rocks in Southern Africa, in : 151° Coll. intern. C.N.R.S., *Géochronologie absolue*, Nancy, pp. 497-516 (& *Sci. Terre*, t. 10, n° 3-4).
- PAPON A., ROCQUES M. & VACHETTE M. (1968) : Age de 2700 millions d'années déterminé par la méthode au strontium pour la série charnockitique de Man en Côte d'Ivoire. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, t. 266, (D), pp. 2046-2048.
- PICCIOTTO E., LEDENT D. & LAY C. (1965) : Etude géochronologique de quelques roches du socle cristallophyllien du Hoggar (Sahara central), in : 151° Coll. intern. C.N.R.S. *Géochronologie absolue*, Nancy, pp. 483-495 (& *Sci. Terre*, t. 10, n° 3-4).
- RAABEN M.E. (1969) : Columnar Stromatolites and late precambrian stratigraphy. *Amer. Journ. Science*, vol. 267, pp. 1-18.
- REBOUL C., MOUSSU H. & LESSARD L. (1962) : Notice explicative de la carte géologique au 500 000° du Hoggar. *Bur. Rech. géol. & min.*, 96 p.
- SCHURMANN H.M.S. (1964) : Rejuvenation of precambrian rocks under epeirogenetical conditions during old Paleozoic times on Africa. *Geol. & Mijnbouw*, 43 Jaarg., pp. 196-200.
- TACINI B. (1965) : Esquisse géotectonique de la Côte d'Ivoire. *Rapp. n° 107, S.O.D.E.M.I.*, Abidjan, 100 p.
- FROFIM D.M. (1969) : Crétacé supérieur et Paléogène du Sahara sud-occidental. Stratigraphie et développement historique. Autoreferat de la thèse. *U. v. Moscou*, 21 p.

VACHETTE M. (1964) : Nouvelles mesures d'âges absolus de granite d'âge éburnéen de la Côte d'Ivoire. *C.R. Acad. Sci., Paris*, t. 258, pp. 1569-1571.

VACHETTE M. (1964) : Essai de synthèse des déterminations d'âges radiométriques des formations cristallines de l'Ouest Africain (Côte d'Ivoire, Mau-

ritanie, Niger). *Annls Fac. Sci. Univ. Clermont-Ferrand*, n° 25, *Géol. Minér.*, 8, pp. 7-29.

ZIMMERMANN M. (1960) : Nouvelle subdivision des séries anté-gothlandiennes de l'Afrique occidentale (Mauritanie, Soudan, Sénégal). *Rept 21th Sess. intern. geol. Congr. Norden*, part 8, pp. 26-36.

Essai de tableau comparatif

TABLEAU I

EVENEMENTS	ANTI-ATLAS	NW DE L'AHAGGAR
	Vaste transgression du Cambrien moyen fossilifère	Transgression tardive : Grès de base des Tassilis attribués au Cambrien (« Unité 1 »)
Phase « iskélienne » de M. Gravelle : soulèvement et rajeunissement : 550-560 Ma	Interruption de sédimentation	Discordance
Phase « imezzaréenne » de M. Gravelle : soulèvement et rajeunissement : 650 Ma	Cycle sédimentaire de Cambrien inférieur fossilifère et d'Adoudounien supérieur (calcaires à <i>Collenia</i>) « Série lie de vin » (transgression venant de l'W) / Eocambrien	Lacune probable du Cambrien inférieur Grès et arkoses rouges Tillite IV (620-650 Ma?) / Eocambrien
	Régression générale, émerison	Discordance cartographique
Phase encore mal datée env. 900-850 Ma (?)	Adoudounien inférieur — Dolomies à <i>Collenia</i> (plus de 2 000 m) et volcanisme trachytique et andésitique avec des syénites subvolcaniques (J. Bokho 832 Ma)	Série d'Ouallen et d'In-Semen comprenant un flysch « kaki » (plus de 2 000 m)
	Discordance faible mais générale	Discordance de Tagengant
Dernière orogénie précambrienne ± 1000 Ma Anti-Atlasides orientales = Pharusides III	Précambrien III : « Systèmes d'Ouarzazate » : série détritique de Tiouine ; épisodes à Stromatolites : « volcanisme subséquent » à vulcanites acides prédominantes ; granites subvolcaniques alcalins Discordance très importante séparant le Précambrien moyen du Précambrien supérieur	Série gréseuse de Tagengant avec niveau à Stromatolites ; 3 niveaux de tillites ; Vulcanites acides p.ex. In-Zize (= Nigrîtien) — Granites subvolcaniques des Taourirts
	Granite de Tifnout - Ouzellarh ; granite d'Id-ou-Iloun (950 Ma) ; diorite quartzique « septentrionale » de Bou-Azzer et d'El-Graara ; granite de Krekid Précambrien II-III (II*) : Séries du Sirouo - Sarhro, de Tidiline, de N'kob, d'Anzi Schistes, grès, grauwackes, flysch géosynclinal du Siroua-Sarhro ; les tillites calcaires à Stromatolites au SW (Tarfaya), sur la plate-forme	Pluton calco-alcalin de Tin-ed-Ehou Pluton au front de Tassendjanet Pharusien supérieur = « Série verte » géosynclinale Schistes, grès, grauwackes

<p><i>Fiavrusien supérieur</i> = « Série verte » géosynclinale</p> <p>Schistes, grès, grauwackes</p> <p>Volcanisme, surtout basique</p>	<p>Schistes, grès, grauwackes, flysch géosynclinal du Siroua-Sarhro; lentilles calcaires à Stromatolites au SW (Tarfaya), sur la plate-forme.</p> <p>Vulcanites basiques dans le géosynclinal, rhyolites et ignimbrites « subséquentes » au Sud sur la plate-forme; granites sub-volcaniques (1200 à 1300 Ma?)</p>	<p>Orogénie env. 1400 à 1500 Ma (?) Anti-Atlasides occidentales = Pharusides II</p>
<p><i>Pharusien moyen</i> = « Série alcaline »</p> <p>Paragneiss, gneiss ocellés</p> <p>Orthogneiss, alcalins et peralcalins considérés comme anté-tectoniques</p> <p>Episode de « volcanisme subséquent » : Metarhyolites et ignimbrites potassiques, métafelsites rubannées, etc...</p>	<p>Diorites quartziques « médiane » et « méridionale » de Bou-Azzer et d'El-Graara; granites de N'Kob</p> <p><i>Précambrien II (II')</i> = « Systèmes des calcaires et quartzites »</p> <p>Sud et Ouest:</p> <p>4. flysch et schistes noirs</p> <p>3. vulcanites basiques</p> <p>Couverture de plate-forme</p> <p>2. quartzites</p> <p>1. calcaires à Oncholites</p>	<p>Orogénie env. 1600-1650 Ma Anti-Atlasides centrales = Pharusides I</p>
<p>Discordance probable, oblitérée par le métamorphisme; émerision.</p>	<p>Discordance</p>	<p>Berbérides = Eburnéides : 1750-2000 Ma = Suggarien</p>
<p>« Complexe ophiolitique » métamorphique</p> <p>Ultrabasites, metabasites — gabbros, amphibolites, métadolérites, microdiorites</p> <p><i>Pharusien inférieur</i> = « Série des quartzites et calcaires »</p> <p>3. niveaux pélitiques métamorphiques</p> <p>2. calcaires à Stromatolites passant aux marbres et calcaires à minéraux</p> <p>1. quartzites variés avec des niveaux pélitiques</p>	<p>« Venue ophiolitique » : Serpentine de Bou-Azzer et d'El-Graara avec leur cortège de gabbros, microgabbros, etc...</p> <p>Siroua : <i>idem</i>, métamorphique à amphibolites prédominantes</p> <p><i>Précambrien I-II (II')</i> — <i>Système d'El-Graara</i></p> <p>3. Séricito- et chloritoschistes</p> <p>2. Métavulcanites basiques (série vulcano-sédimentaire)</p> <p>1. Calcaires, quelques quartzites; Itabirites de base [Chaînon de N'Kob: schistes à andalousite, gneiss à cordiérite et métavulcanites, sans ultrabasites]</p>	<p>Zagorides — chaînes archéennes = Ouzalien 2600-3000 Ma</p>
<p>Discordance très importante</p> <p>séparant le Précambrien ancien du Précambrien moyen</p>	<p>Discordance sans doute très importante</p> <p>mais non visible ni dans l'Anti-Atlas ni dans le NW de l'Ahaggar</p>	<p>Granites de Tazeroualt 2600 Ma</p> <p><i>Système du Kerdous</i> (schistes, micaschistes, migmatites)</p>
<p>Granite calco-alcalin et granite à muscovite de Tassendjanet 2000 Ma (rajeunis par les Pharusides I à 1650 Ma)</p> <p>Gneiss, amphibolites, granites, etc...</p>	<p>Granite de Tazenakht 1750 Ma</p> <p>Granite d'Azguemerzi 1850 Ma</p> <p>Rajeunissement des granites de Tazeroualt 1950 Ma (et 1650 Ma)</p> <p><i>Système des Zenaga</i> (micaschistes, migmatites)</p>	<p>Charnockites 2700-3000 Ma</p> <p><i>Ouzalien</i></p>

		Archéen	Précambrien ancien		Précambrien moyen		
		Chaîne Lignée Zagorides	Herbérïdes (=Eburnoïdes 2.100 MA) (Lignée d'Azguemerzi) (Lignée de Tazenakht)		Evènement de 1650-1600 Probablement Orogénie des Anti-Atlasides Centrales		Evènement mal daté comparé à l'Orogénie des Anti-Atlasides Occidentales
		Limites d'âge	2700-2200	2100-1850	1800-1700	1650-1550	1500-1400 (-1300?)
Précambrien terminal-Cambrien	Précambrien III et Adoudounien	Volcanisme et granites subvolcaniques					
	Précambrien II-III	"Grande granitisation de la dernière chaîne précambrienne" Episode du début du cycle Rhyolites et granites subvolcaniques					
Précambrien récent	Précambrien II	Système des calcaires et des quartzites Rares granites					Rajeunissement quasi-total (*) ? [Galèt du congl. Pr II-III de Tanalt : M-1480 (geo)]
	Précambrien I-II	Système d'El Graara et des ophiolites (non granitisé)					Rajeunissement quasi-total (*) ?
Précambrien ancien	Précambrien I	Système des Zenaga Phases du : Yde Tazenakht Yd'Azguemerzi Yde Tahala		Granite de Tazenakht (*) Is(8)-1744±32 (Ri-0,705) R-1756, 1749, 1743, 1728, 1722 M-1804, 1783, 1776, 1741, 1718	Yde Tazenakht R-1691, 1669, 1669, 1539 IsM(13)X-1679±38 M-1692, 1655, 1645, 1591		
	Précambrien I		Granite d'Azguemerzi (*) Is(5)-1850±50 (Ri-0,706) Pegmatite de Timrhahine M-1828 (geo) Granite alcalin de Tahala (près de Tafraout) Is(5)-1920±40 (Ri-0,707) R-1935, 1902, 1892	Yd'Azguemerzi (*) R-1815, 1813, 1812, 1778 Pegmatite de Timrhahine M-1820 (geo) 1783 (Kv) Yalcalin de Tahala R-1775, 1740	Yd'Azguemerzi R-1649, 1628, 1594, 1549 M-1675, 1657, 1658 B-1564, 1567 Pegmatite de Timrhahine M-1653±50 (Brux.) 1650 (Toronto)	Pegmatite de Timrhahine Mic-1460±45 (Brux.)	Pegmatite M-1204 (Kv) Mic-1224 Micaschiste M-1290±30,
Archéen	Précambrien O	Système du Kerdous Granites : d'Amarhous de Tasserhirt d'Annateur de Tazeroualt etc ...	Yalcalin O. Amarhous M-1838 (Brux.) Yde Tasserhirt R-2086 M-1925, 1874 Yd'Annateur (**) Is(2)X-1918 (Ri-0,712) R-1983, 1944 M-1867, 1847 Yde Tazeroualt (**) Is(6)X-1920±90 (Ri-0,707) R-1903, 1895, 1845 Schistes du Kerdous R-1921	Yalcalin O. Amarhous M-1808, 1775 Yd'Annateur M-1779, 1747 Yde Tazeroualt M-1779, 1738 Embréchites Ouharen R-1713	Yalcalin O. Amarhous (**) Is(2)X-1550-1610 R-1563, 1529 Yde Tasserhirt (**) Is(8)X-1628±115 (Ri-0,701) R-1562, 1562 Yd'Annateur R-1625, 1606 Yde Tazeroualt R-1632, 1577 Pegmatite Ithil Noussi M-1515 Embréchites Ouharen R-1645	Yalcalin O. Amarhous M-1480 (galèt du congl.) Yde Tasserhirt R-1501, 1465, 1317 M-1505, 1493, 1460 1442, 1440, 1371 Embréchites Ouharen R-1447, 1310 Schistes du Kerdous R-1519, 1430	Yalcalin O. M-1295 (geo) Yde Tasserhirt R-1289, 1250
	Précambrien O						

2700-2200 (*) Uniquement des âges reliques.
2100-1850 (**) Age de recristallisation en orthogneiss (**) Rétromorphose due à l'Orogénie des Herbérïdes.
1800-1700 (*) Age de recristallisation locale en orthogneiss.
1650-1550 (*) Absence de granitisation (sauf le Y de Tourtite ?) (**) Rétromorphosé par l'évènement de 1650-1600.
1500-1400(-1300?) (*) Rares granites
1300 (*) âges reliques à Bruxelles

CARTE GÉOLOGIQUE DU MASSIF DU KERDOUS

(Aït Baha - Tanalt - Anzi - Tafraout)

par G. Choubert (1938-1967) et A. Faure-Muret (1960-1967)

Documents consultés
levés de L. Neltner 1938

LÉGENDE

Quaternaire

- Alluvions
- Limons (Soltanien)
- Quaternaire moyen et ancien :
éboulis, cônes de déjections, terrasses
- Quaternaire ancien
- Travertins

Adoudounien moyen

- Série "lie de vin"

Adoudounien inférieur

- Dolomies
- Série de base

Précambrien III

- Ultime conglomérat

Précambrien II-III

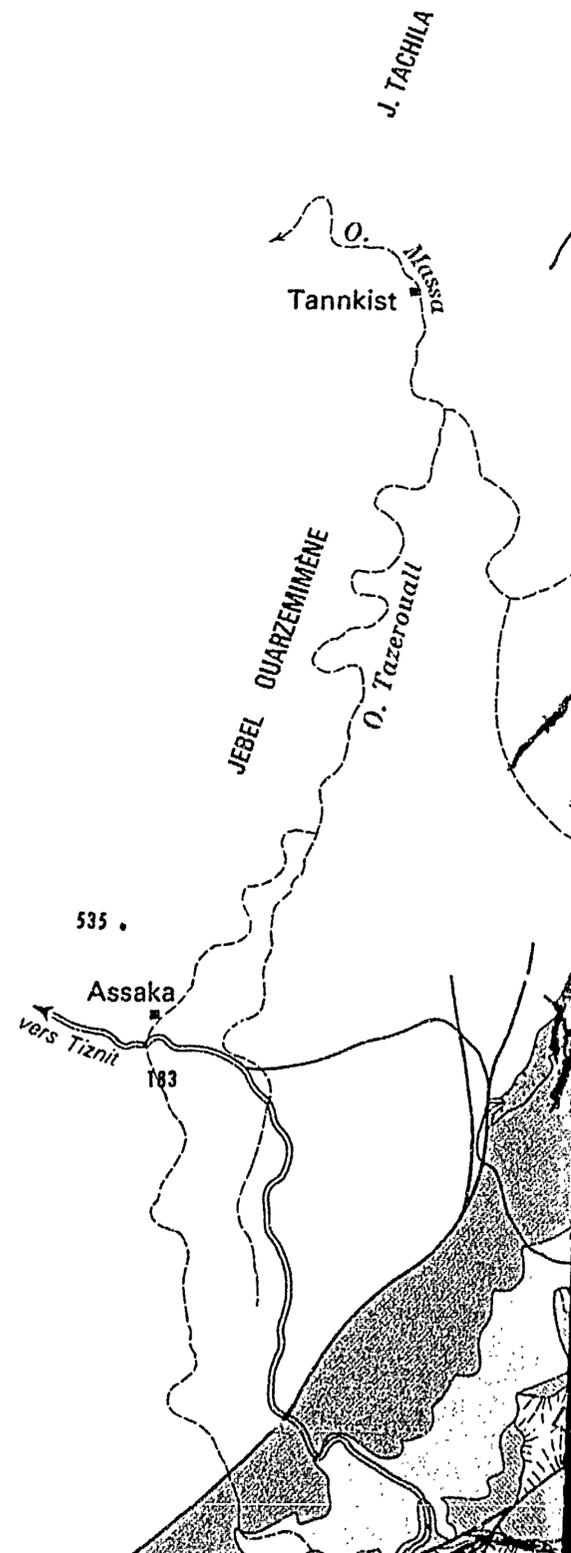
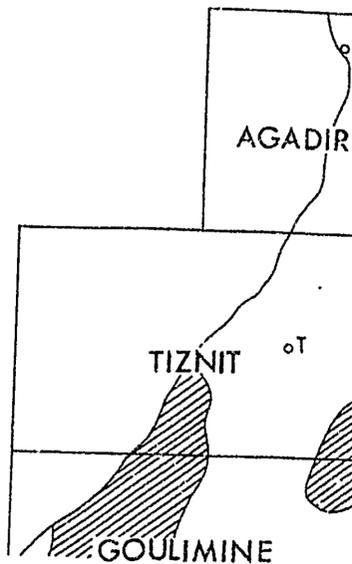
- Série d'Anzi et ses équivalents :
pélites, grès, conglomérats, tillites, varves ;
c : calcaires lacustres ; v gypse
- Rhyolites, ignimbrites, avec :
tufs, brèches et conglomérats
- Andésites alternant avec des tufs
et des formations sédimentaires
- Microgranites, massifs et filons
- Granites intrusifs dans les rhyolites
Granites de Tafraout

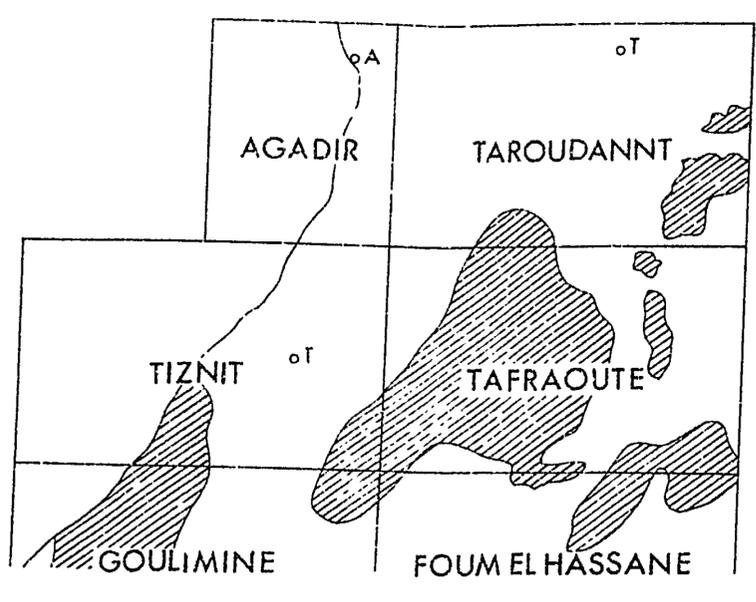
Précambrien II

- Schistes
- Quartzites
- Conglomérats
- Calcaires de base
- Dolérites et gabbros
- Dykes de dolérites d'âge différent

Précambrien 0

- Schistes, micaschistes
- Migmatites
- Microgranites de Tazeroualt





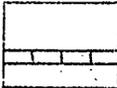
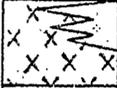
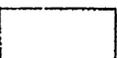
J. TACHILA
O. Tannkist
O. Tazerouail
JEL'Z. DJARZEMIMENE

Série de base

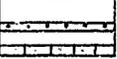
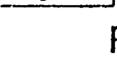
Précambrien III

Ultime conglomérat

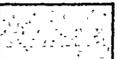
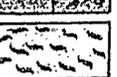
Précambrien II-III

-  Série d'Anzi et ses équivalents :
pélites, grès, conglomérats, tillites, varves,
c : calcaires lacustres, gypse
-  Rhyolites, ignimbrites, avec :
tufs, brèches et conglomérats
-  Andésites alternant avec des tufs
et des formations sédimentaires
-  Microgranites, massifs et filons
-  Granites intrusifs dans les rhyolites
-  Granites de Tafraoute

Précambrien II

-  Schistes
-  Quartzites
-  Conglomérats
-  Calcaires de base
-  Dolérites et gabbros
-  Dykes de dolérites d'âge différent

Précambrien 0

-  Schistes, micaschistes
-  Migmatites
-  Microgranites de Tazeroualt
-  Granites de Tazeroualt
-  Gabbros et dolérites antérieurs aux granites
a : zone de filons
-  Embréchites ocellées du Jebel Ouharen

29°45

310

300

290

29°30

280

270

535

Assaka

vers Tiznit

183

JEBEL QUARZEMIMÈNE

d. Tazeroualt

751
TINRHFEET

Immgaguano

TAZEROUALT

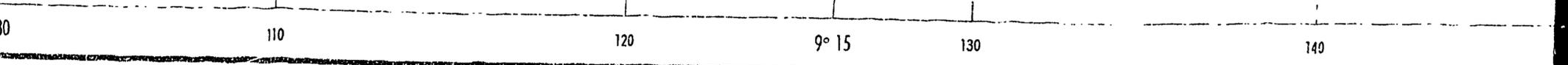
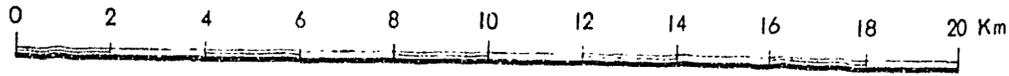
Si Ah Sou

x Tnine Ait Errha x

x Jemaa n' Tir x



Echelle: 1/200 000





320

29° 45'
310

300

290

29° 30'

280

270

140

150 9'

160

170

Notes & M. Serv. géol. Maroc, n° 236, 1972

G. Choubert & A. Faure-Muret :

Carte géologique du Massif du Kerdous (Aït Baha - Tanalt - Anzi - Tafraout)
au 1/200 000.

Notes & M. Serv. géol. Maroc, n° 236, 1972

G. Choubert & A. Faure-Muret :

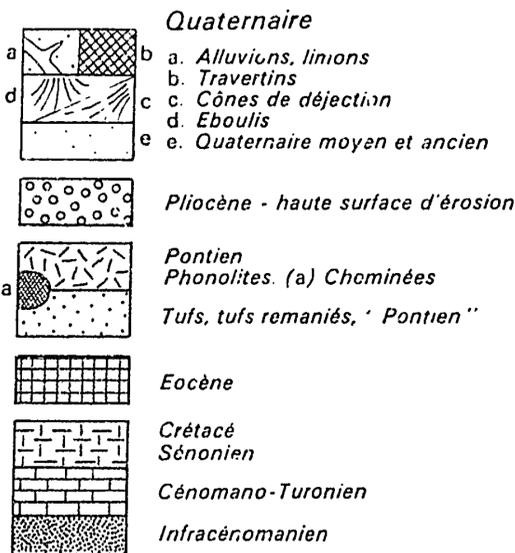
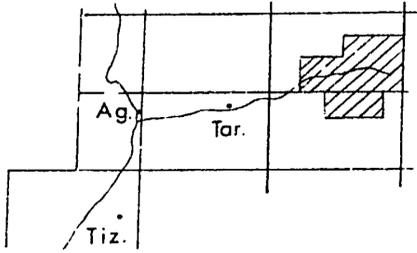
Carte géologique provisoire du Massif ouest du Siroua au 1/200 000.

CARTE GEOLOGIQUE PROVISOIRE DU MASSIF

Par G. CHOUBERT et A. FAURE-MU

Documents utilisés: levés de L. NELTNER et de H. HO

Feuilles TIZI N'TEST et TALIOUINE au



230km 240 250

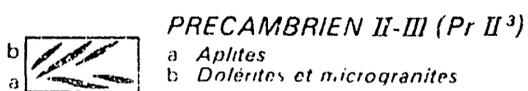
420

410

400

230km

240



PROVISOIRE DU MASSIF OUEST DU SIROUA

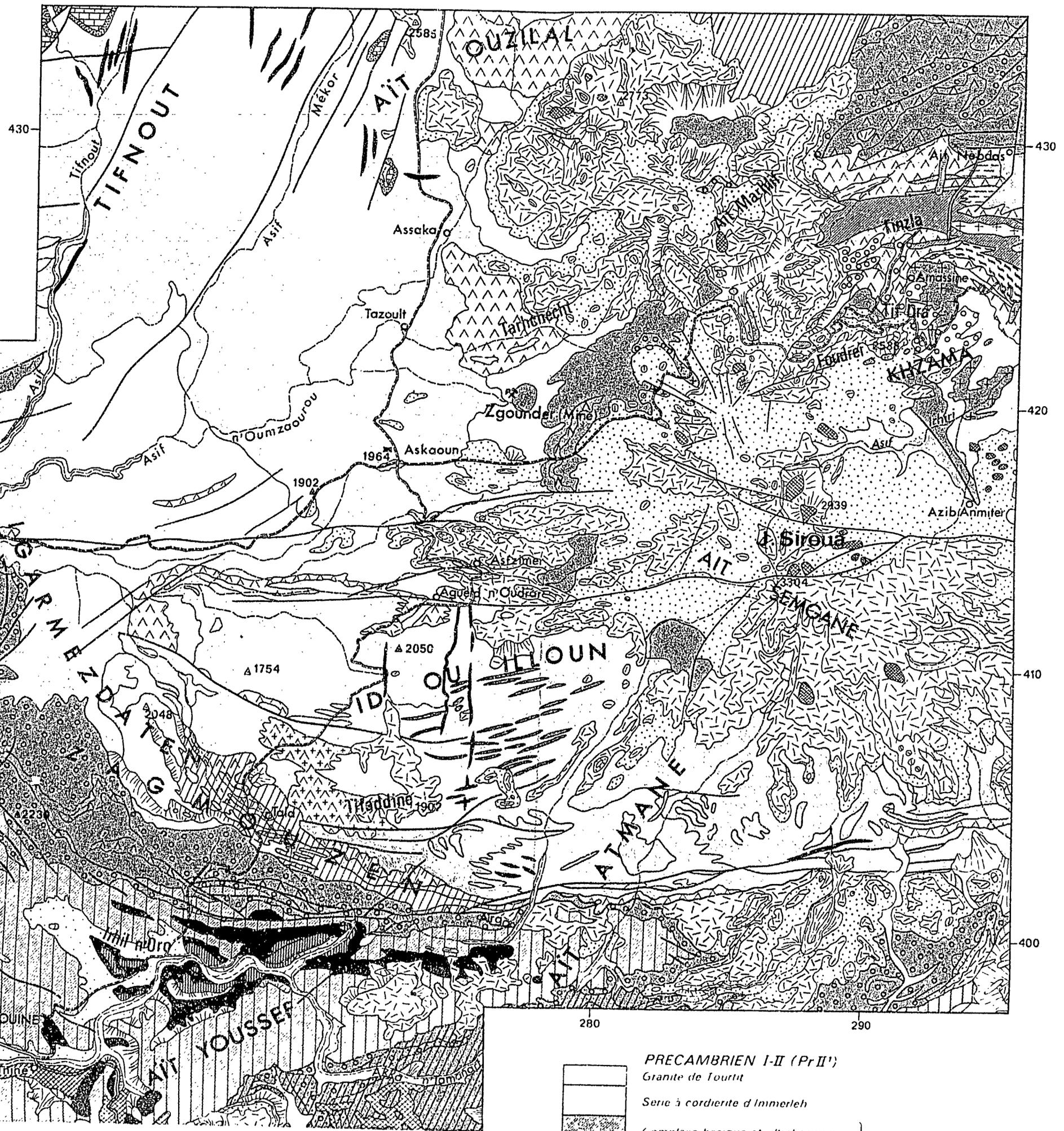
G. CHOUBERT et A. FAURE-MURET

utilisés: levés de L. NELTNER et de H. HOLLARD

TIZI N' TEST et TALIOUINE au 1/200000

TIZI N' TEST

TALIOUINE



ANNEE N° D'ACCESSION DOMAINE
 72-1075-E
 1 4 9 12
 61 ← REPETER PERFO → 73

BIBLIOGR. nn

INDEXATION nn

VERIFICATION ?/

CODE SPÉCIAL
 ATATL
 74 80
 TOUTES CARTES
 61-73

IDENTIFICATION DE L'UNITE DOCUMENTAIRE
 CLASSE LG LG EXIST. RÉFÉRENCES OBSERVATIONS
 PE- F/F - - - - -

C. C.
 01

AUTEUR CHOMBLAT G FAURE MURET A

71
 72

TITRE AN SUJET DES RAJEUNISSEMENTS DES AGES ISOTOPIQUES.

21
 22
 23
 24

SOURCE NOTES MIN. SERV. GEOL. MAROC, RABAT 1972 - N° 236 - PP. 145-170 - 2 TABL., 3 GRAPH., 2 CARTES 1/200 000, 25 REF. COLL. INTERN. CNRS, PARIS, N° 192 - LES POTENTIALITES DU PRECAMBRIEN. AGADIR - RABAT - 3-23 MAI 1970. CE 170-1972/

31
 32
 33
 34

DONNÉES COMPL. GLG SAO SIAC STR 21100
 /KERBOUS /SIRONA /PROVINCE D'AGADIR /PROVINCE D'ANAZA ZATE / ET BIBLIOGRAPHIES CONCERN. PARTIC. LE PRECAMBRIEN AMERICALN - E

02
 503
 502
 500



	10	20	30	40	50	60	70	75
RÉSUMÉ - INDEX	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
	*... ..							5
AUTRE	*... ..							533
	*... ..							534
	*... ..							535
	*... ..							541
NOTES D'INDEXATION	/ notice 90 jours							
	/ hors proc.							

1975
 79-1075
 BOFICHE

FIN

45

VUES