

# L'excursion Géologique de l'I.G.C.P. dans l'Anti-Atlas Marocain, Mai 1973

W. R. Church et G. M. Young  
*Department of Geology,  
University of Western Ontario  
London, Ontario*

## Summary

An I.G.C.P. group, in May of 1973 had the opportunity of visiting the Anti-Atlas of Morocco. The object of the excursion was to visit four of the Precambrian inliers of the Anti-Atlas to see the bases on which Choubert and Faure-Muret have established a stratigraphy for this very complex region. Another goal was to make comparisons with the Precambrian of SW. Europe and the Canadian Shield. This brief report on the excursion points out the many remarkable similarities between the history of the Moroccan Anti-Atlas and the eastern part of the Canadian Shield. Attention is also focussed on a possible occurrence of early Proterozoic oceanic crust in the Anti-Atlas.

## Résumé

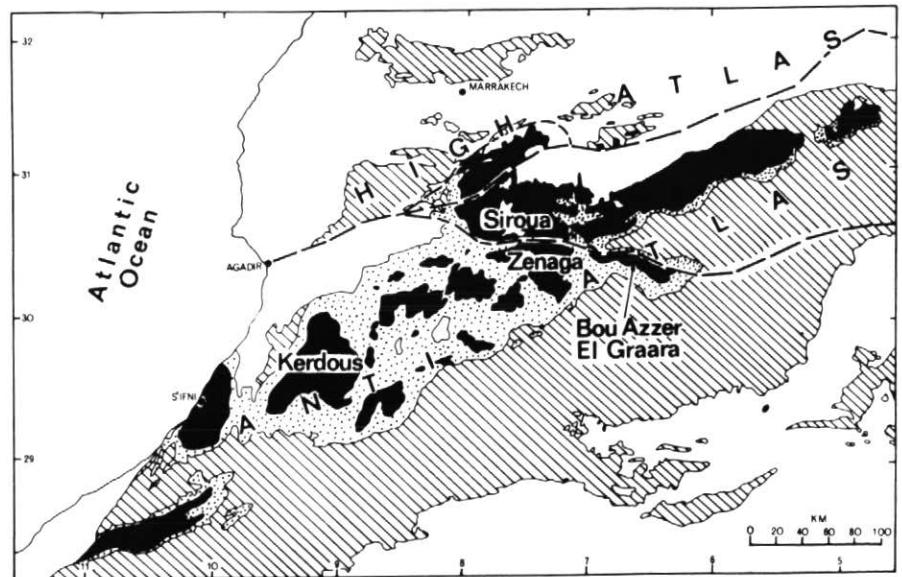
Une équipe I.G.C.P. participait au mois de mai, 1973 à une excursion au Maroc, dans le but d'examiner les roches Précambriennes de quatre boutonnières de l'Anti-Atlas. Les participants ont aussi pu examiner les critères sur lesquels Choubert et Faure-Muret ont établi la subdivision stratigraphique du Précambrien marocain. Il y a plusieurs similarités remarquables entre l'évolution précambrienne de l'Anti-Atlas et la partie orientale du Bouclier canadien. Nous voulons aussi signaler qu'il existe, dans l'Anti-Atlas une possibilité de préservation de quelques indices d'une croûte

océanique d'âge Protérozoïque Inférieur.

Quatre géologues canadiens ont pris part récemment à une excursion dans l'Anti-Atlas marocain organisée et conduite par Monsieur G. Choubert et Mlle Faure-Muret, assistés par les membres de la division géologique de la Direction des Mines et de la Géologie du Maroc. L'excursion fut conçue dans le cadre du projet de recherches No. PA7L.48 du I.G.C.P. : "Précambrien des zones mobiles, 2ème partie; corrélation des zones mobiles du socle ancien d'Afrique du Nord, de la Peninsule Ibérique et de la région orientale de l'Amérique du Nord". Parmi les participants se trouvaient le Professeur Brueckner de Memorial University of Newfoundland, les Professeurs G. M. Young et W. R. Church de l'University of Western Ontario, Messieurs M. Morrison et M. Durando de la Mission de l'O.N.U. au Maroc, Monsieur M. Julivert et Mme I. Zammarreno Herrero de Julivert, D'Oviedo, spécialistes du Protérozoïque Supérieur et du Cambrien de l'Espagne, M. Hameurt

de Rennes et M. Doré de Caen, spécialistes de la géologie du Massif Armoricaïn. L'excursion eut pour objet l'examen de la lithologie et des structures particulières au Précambrien affleurant dans les boutonnières de Kerdous, Siroua, Zenaga, et de Bou Azzer-El Graara (Fig. 1), ainsi que de faire la comparaison entre les subdivisions Précambriennes conçu par Professeur Choubert et Mlle Faure-Muret et celles qui sont utilisées ailleurs.

Un des traits les plus frappants de la géologie des régions qui bordent l'Amérique du Nord à l'est et les Isles Britanniques est la superposition vers le Sud-Est de zones tectoniques plus jeunes; ainsi la zone Penokéenne (2.100 m.a.) qui se présente en bordure sud de la Province Supérieure et qui est l'unité tectonique la plus ancienne du Canada (2.700 m.a.) est succédée au Sud-Est par les zones Hudsonienne (1.950-1.700 m.a.), Grenvillienne (1.100 m.a.), Fleur de Lys (500 m.a.), Acadienne (Devonien Moyen) et Hercynienne (Carbonifère). Sur ce schéma, fait seulement exception la zone Cadomienne,



**Figure 1**

Localisation des boutonnières Précambriennes de l'Anti-Atlas du Maroc. Blanc—couverture Secondaire et Tertiaire; hachures—Primaire (sauf le Cambrien Intérieur du domaine de l'Anti-Atlas); pointillé—Cambrien Intérieur et Adoudounien du domaine de l'Anti-Atlas; noir—Précambrien.

représentée par le Monian du Pays de Galles et certaines zones des régions du sud de Terre Neuve et des Provinces Maritimes du Canada. La distribution des zones tectoniques de l'Afrique du Nord et de l'Europe du Sud, fortement influencée par le tectonisme Pan-Africain, paraît beaucoup plus complexe et une zonation semblable est difficilement reconnaissable à grande échelle. Selon de nouvelles données radiométriques, énoncées par Choubert au cours de l'excursion, il semblerait néanmoins que l'Anti-Atlas puisse représenter la frontière méridionale de la Province de Grenville plutôt que la limite septentrionale du tectonisme Pan-Africain. L'âge de l'évènement orogénique qui mit fin au développement de l'Archéen de l'Anti-Atlas paraît d'autre part proche de l'âge de l'orogénèse Kenoran du Canada (2.700 m.a.) alors que par contraste l'évènement terminant "l'Archéen" des Boucliers sud africain et brésilien est beaucoup plus ancien (3.400 m.a.). Compte tenu de ces remarques, il semble possible de subdiviser le Précambrien de l'Anti-Atlas sur le même modèle que le Précambrien canadien, et en dépit du fait que toute corrélation inter-continentale ne peut qu'être provisoire et surtout de nature spéculative, une comparaison plus approfondie entre le Précambrien du Bouclier canadien et le Précambrien de l'Afrique du Nord nous paraît pertinente.

La subdivision du Précambrien de l'Anti-Atlas, telle que l'a conçue Choubert, est déterminée comme au Canada par la présence de discontinuités majeures et de changements de lithofacies. La subdivision adoptée par Choubert se compare à celle du Bouclier canadien de la façon suivante :

Chaque division établie par Choubert possède des caractéristiques lithologiques et structurales que nous nous proposons de décrire en soulignant leurs similarités, ou différences, avec celles qui se rencontrent dans le Bouclier canadien.

#### **P-O : Archéen**

Dans le massif de Kerdous, les roches que Choubert considère d'âge P-O se composent d'une série monotone de grauwackes schisteux granoclassés et caractérisés par la présence de nodules de calc-silicate. Près de *Tanalt*, les schistes sont coupés par un granite dont l'âge radiométrique (Rb:Sr) est de 2.600 m.y.

On observe aussi les grauwackes schisteux avec d'abondants nodules de calc-silicate parmi les roches du socle précambrien de la boutonnière de la Plaine de Zenaga; bien que généralement considérées d'âge P-I, ils pourraient s'apparenter aux grauwackes schisteux de Kerdous d'âge P-O. La présence de nodules de calc-silicate au sein des séries de grauwackes fut reconnue depuis longtemps par Pettijohn (1943) comme un trait caractéristique de l'Archéen canadien. Dans la Plaine de Zenaga les grauwackes sont injectés par un orthogneiss monzonitique (orthogneiss Azguemerzi) à grands porphyroblastes de feldspath potassique qui pourraient être d'origine métagénétique. De telles roches pourraient s'apparenter aux gneiss monzonitiques à porphyroblastes de Kenoran de la Province Supérieure au Canada, de même qu'au granite de Cape Hood et migmatites associées de Nelspruit en Afrique du Sud. Les orthogneiss d'Azguemerzi sont néanmoins d'un âge (Rb:Sr isochrone) de  $1850 \pm 50$  m.y. et pourraient représenter une phase précoce du cycle de

magmatisme Hudsonien. Choubert et Faure-Muret considèrent que les gneiss ocellés fortement déformés qui se trouvent en contact avec les grauwackes faiblement métamorphosés de la boutonnière de Kerdous constituent le sous-basement de la série de grauwackes P-O. De tels gneiss se rencontrent encore dans la boutonnière de Bou Azzer-El Graara où ils sont en discordance avec la série de roches qui les surmonte considérée d'âge Aphébien.

Les unités de roches vertes de grande envergure sont absentes dans l'Archéen de l'Anti-Atlas, alors que des chaînes est-ouest de roches mafiques métamorphiques, y comprises des corps d'anorthosite pouvant atteindre un kilomètre de long apparaissent au sein des schistes de Kerdous (*Tazeroualt*).

#### **P-I . II : Apebien**

L'association tillite-quartzite typique de l'Huronien n'a pas été observée dans les boutonnières visitées. L'unité à la base du Système d'El Graara (P-I.II) dans la boutonnière de Bou Azzer-El Graara, renferme cependant des oligoschistes semblables aux formations ferrugineuses Aphébiennes du type Lac Supérieur (Animikie). Le système d'El Graara contient aussi des unités de quartzites alumineux à pyrophyllite, diaspore et zyunyite, qui les rendent comparables à la Formation de Lorrain de l'Huronien et aux quartzites alumineux associés aux formations ferrugineuses de l'Animikie. La réapparition de ces faciès en Mauritanie (Séries d'Akjoujt et de Gadel) mérite un intérêt particulier du point de vue de leur signification paléogéographique et, étant donné l'importance de ces faciès au Brésil et en Inde, de la possibilité de corrélations intercontinentales.

On note encore les traits communs suivants : la présence de métasédiments riches en alumine (à cordierite) de roches mafiques volcaniques, y comprises des roches pyroclastiques, de même que d'unités de gabbro à cumulates ultramafiques pouvant être comparées aux filons de West Kiernan au Michigan, aux filons ultramafiques-mafiques de la région de la Fosse du Labrador ou aux séries

CANADA		ANTI-ATLAS
Orogénèse	<i>l'Ere</i>	<i>Divisions de Choubert</i>
Grenville (1.0 b.y.)	Hadrynian	P-III
Elsonian (1.3 b.y.)	Neohelikian	P-II.III
Hudsonian (2.1-1.7 b.y.)	Paleohelikian	P-II
Kenoran (2.7)	Apebien	P-I.II
	Archean	P-O et P-I

aphébiennes de l'arctique canadien.

La phase orogénique Hudsonienne est représentée dans les massifs de Kerdous, Zenaga, Siroua, et El Graara par des granites alcalins tels que ceux de Taфраout et de Tazenakht.

### **P-II : Paléohélikien**

Les quartzites d'âge P-II (quartzites Lkst du massif de Kerdous) constituent la formation la plus caractéristique de l'Anti-Atlas. Les unités inférieures comprennent des carbonates renfermant parfois des structures stromatoliques intactes, et l'entière série est traversée de filons massifs de dolérite. En tant que facies lithologiques le quartzites de Lkst et les dolérites associées se rapprochent le plus du groupe de Wakeham Bay de la Province de Grenville, de la Formation Sims de la Fosse du Labrador et de la Formation Roraima de la Guyane. Les quartzites renferment des stratifications entrecroisées et des ripple marks, mais jusqu'ici on ne connaît rien de leur provenance. Dans la région Nord de l'Anti-Atlas, les quartzites sont surmontés en concordance par des roches volcaniques mafiques, suivis par des argillites et des quartzites.

### **Filons de diabase ante P-II.III**

Les roches archéennes du massif de Kerdous sont coupées par deux séries de filons de diabase anté P-II.III. Les dolérites les plus anciennes furent injectées avant l'intrusion du granite de Taфраout d'âge 1.900 m.a. et pourraient équivaloir aux diabases Nipissing du Canada. Les filons les plus récents traversent les granites d'âge Hudsonien, mais on ne peut assurer qu'ils se coupent les quartzites d'âge P-II encore qu'ils puissent avoir alimenté les filons de dolérite au sein des quartzites. Ces dolérites, telles que Choubert les a décrites, contiennent parfois des pyroxènes roses des augites présumément titanifères et peuvent présenter des affinités avec l'essain de filons subalcalins de Sudbury d'âge Paléohélikien.

### **P-II.III : Néohélikien**

Les roches d'âge Néohélikien recouvrent, en discordance angulaire les roches d'âge P-II. La série débute généralement par des effusions de roches volcaniques mafiques et felsiques, suivies de sédiments glaciaires et fluviaux. On observe des tillites associées à des argillites laminées renfermant des dropstones, dans des régions aussi éloignées les unes des autres que le Massif de Sirouha et de Bou Azzer. En Amérique du Nord il n'existe pas de successions équivalentes au sein desquelles on aurait définitivement observé des matériaux d'origine glaciaire.

### **P-III : Hadrymien**

Les roches d'âge P-III sont principalement des roches volcaniques continentales mafiques et felsiques avec intercalations de conglomérats grossiers, de grès et quelques stromatolites. Le facies conglomérat de piedmont peut se rapprocher de celui du Keweenawan, et les roches volcaniques mafiques renferment des coulées de basalte porphyrique à grands cristaux de plagioclase qui sont semblable à quelques coulées du Keweenawan dans la région de Mamainse Point en Ontario et ailleurs. On retrouve aussi dans le Massif de Siroua des basaltes à spérolithes de plagioclase comparables aux célèbres "daisy stones" de Mamainse. Les roches volcaniques P-III renferment cependant une quantité important d'ignimbrites tandis qu'il y a très peu de roches rhyolitiques dans le Keweenawan. Par ailleurs, selon des données radiométriques, les roches volcaniques P-III sont postérieures à l'orogénèse Grenville alors que le volcanisme Keweenawan semble être le témoin d'une phase d'instabilité précoce de cette orogénèse. Il se pourrait que les roches volcaniques P-III représentent des séries effusives formées à la marge de la fosse, au creux de laquelle furent déposés les roches volcaniques mafiques de la Série Verte du Hoggar. Leurs corrélatifs les plus semblables au Canada sont probablement les séries volcaniques et détritiques de la péninsule d'Avalon à Terre Neuve.

### **Conclusion**

On considère généralement que l'Anti-Atlas, en tant que partie intégrante du système Pan Africain formant la limite septentrionale du continent Africain, n'a été soudé à l'Amérique du Nord que lors de la fermeture de l'océan Proto-Atlantique au Paléozoïque moyen; jusqu'à cette époque, l'Afrique aurait en effet évolué indépendamment de l'Amérique du Nord. La consolidation ultime de l'Afrique est liée à l'orogénèse Pan Africain (c. 600 m.a.) alors que la cratonisation de l'Amérique du Nord s'est achevée avec l'orogénèse Grenville (1000 m.a.). Aucun élément de géologie propre à l'Amérique du Nord n'a été reconnu en Afrique du Nord alors que la présence de fragments d'Afrique soudé à la marge de l'Amérique du Nord a souvent été évoquée. La suggestion de Choubert selon laquelle la discordance entre les unités précambriennes de l'Anti-Atlas aurait un âge de 1.000 m.a. revêt ainsi un intérêt particulier et implique que l'Anti-Atlas ferait partie de la frontière méridionale de la Province de Grenville plutôt que de la limite septentrionale du système Pan Africain. L'existence du Grenville dans la partie septentrionale de l'Afrique du Nord ainsi que la présence complémentaire d'une zone Pan Africaine au long de la partie méridionale des Appalaches et des Calédonides suggèrent que les marges continentales de l'Atlantique ont été des zones de réactivation tectonique pendant tout le Protérozoïque et Phanérozoïque. Ainsi pourrait-on expliquer la concentration remarquable d'éclogites et granulites de haute pression localisée sur les marges de l'Atlantique en Norvège, Ecosse, Espagne et en France. De plus, l'âge de l'évènement orogénique qui mit fin au développement de l'Archéen de l'Anti-Atlas étant relativement plus proche de l'âge de près l'orogénèse Kenoran du Canada (2.700 m.a.) que de l'évènement terminant l'Archéen de l'Afrique méridionale, il semble possible que l'Archéen de l'Anti-Atlas ait fait partie du domaine canadien Svécocéfennian plutôt que du domaine Afro-Brsilien. Les noyaux Archéens

de l'Afrique méridionale, Rhodésie, et Brésil paraissent plus vieux (3.400 m.a.) que l'Archéen de la Province Supérieure du Canada (2.700 m.a.). Par ailleurs, tandis que les quartzites huroniens auxquels sont associés les conglomérats uranifères du type Elliot Lake furent certainement déposés antérieurement à 2.700 m.a., les quartzites protérozoïques sudafricains et brésiliens débutant avec l'unité aurifère-uranifère du Dominion Reef et les séries de Vinos das Velhas ont au moins 2.700 m.a. Les étages précoces du développement des Appalaches—volcanisme bimodal, y compris un volcanisme péralcalin; orogénèse cambrienne tardive du Fleur de Lys-Moine-Dalradian; mise en place des ophiolites des Appalaches—sont peut-être aussi représentés en Afrique du Nord par le volcanisme acide d'affinité alcalin-péralcalin du Hoggar occidental au Sahara, la déformation de la série de la Falème du Sénégal et de la Série Pourprée du Hoggar, et la transgression trémadocienne de Zemmour.

Bien qu'il soit pour l'instant prématuré de tenter de faire la synthèse de la région Nord-Atlantique en terme de tectonique de plaques, ceci à cause du nombre immense de problèmes de corrélation restant à résoudre, il demeure pertinent de postuler l'existence d'une croûte océanique représentée par une zone de roches ultramafiques et mafiques située dans le massif de Bou Azzer-El Graara, et qui pourrait avoir pris part à la phase orogénique qui déforma les roches aphébiennes P-I.II de l'Anti-Atlas. Les roches ultramafiques sont fortement altérées et encore que la présence possible de matériaux en provenance du manteau supérieur ne puisse être éliminée, des vestiges de structures indiquent qu'elles proviennent de cumulates. Les serpentines sont surmontées par de roches gabbroïques dont l'unité inférieure se compose de clinopyroxénite à grains grossiers, semblable à celle que l'on rencontre dans de nombreux ensembles ophiolitiques (Betts Cove, Newfoundland; Jeffrey Mine, Cantons de l'Est, Québec; Rhyd Y Bont, Anglesey, Pays de Galles). La

présence d'une telle unité de clinopyroxénite implique l'existence d'une discordance entre les serpentines et le gabbro. Le gabbro se caractérise par un grain se faisant plus fin vers le haut, et le sommet se compose de laves mafiques à coussinets. L'examen sur le terrain a néanmoins démontré que le faciès à grains fins est composé d'une série de filons de diabase qui dans des travaux futurs pourrait ou non s'avérer identique à un complexe de diabase d'affinité océanique. Certains des filons descendent dans la serpentine où ils sont déformés et altérés en rodingite. Tout comme dans d'autres complexes ophiolitiques, il apparaît évident que le cuivre a été remobilisé dans la région du contact des filons et des roches volcaniques. La confirmation de la nature ophiolitique du complexe en ferait le plus ancien exemple connu de croûte océanique.

L'excursion prit fin à Rabat par une réception offerte par M. Moussa Saadi, chef de la Division de Géologie, sans l'encouragement et le support de qui l'excursion n'aurait pu avoir lieu. Nous eûmes la chance de pouvoir visiter le laboratoire géologique de Rabat et d'y examiner les échantillons et plaques minces de la collection de Professeur Choubert et Mlle Faure-Muret, expérience extrêmement appréciée puis qu'elle nous a permis d'étudier en détail de nombreux lithotypes et en particulier ceux d'aspect huroniens déjà mentionnés dans le texte. Nous aimerions exprimer notre dette envers le Professeur Choubert et Mlle Faure-Muret pour avoir organisé et conduit une excursion et mit à notre disposition les résultats de longs travaux de recherche dans un domaine revêtant une importance extrême au sein du courant actuel de réévaluation de la géologie précambrienne. Nous sommes aussi reconnaissants à M. Daniel Tisserant et M. Mohamed Ben Said pour leur bienveillance et l'aide qu'ils nous ont apportées au cours de l'excursion, ainsi qu'aux conducteurs et cuisiniers qui veillèrent à notre transport et confort dans un terrain véritablement étranger, pour certains de nous canadiens, et rendu parfois difficile

par le changement d'horaire, de régime, température, et altitude. Nous aimerions conclure en disant que cette excursion dans l'Anti-Atlas, qui fut une des premières initiatives du Programme I.G.C.P., nous fut extrêmement profitable et qu'elle présage une ère de coopération entre géologues canadiens, français, espagnols et marocains dans le domaine de la géologie précambrienne.

Dr. Church est Associé de Recherches au Centre de Recherches sur les Zones Arides à l'Université des Sciences et Techniques de Languedoc, Montpellier, et le Dr. Young vient de faire un stage à Marseille au Laboratoire de Géologie Structurale Centre de St. Jérôme, dirigé par le Professeur Sougy.

MS received, November 26, 1973.