

Bulletin de la Société belge de Géologie	T. 94	fasc. 3	pp. 223-231	Bruxelles 1985
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie	V. 94	deel 3	blz.223-231	Brussel 1985

APPORTS DE L'AEROPHOTOLOGIE DANS L'ETUDE DES MOUVEMENTS D'ECARTEMENT DE LA PLAQUE SOMALIENNE PAR RAPPORT A LA PLAQUE AFRICAINE

PAR R. THONNARD (*)

RESUME. - L'auteur a effectué des études photogéologiques en trois points du Grand Rift africain : en Afar, aux Virunga et au Mozambique.

Il a été frappé par les différences, tant des points de vue topographique que morphologique, tectonique et volcanique de ces diverses régions.

Il les explique par l'existence de failles transformantes NW-SE guidant en quelque sorte les mouvements d'écartement de la plaque somalienne par rapport à la plaque africaine.

- . Le graben de Tete, au Mozambique, serait une transformante ouverte.
- . Le seuil des Virunga serait du à une transformante compressive.
- . L'afar serait un point double : le Grand Rift africain s'y rattacherait, en s'y superposant, au Rift érythrosabéen, lui-même point de courbure du Rift de la Mer Rouge se continuant dans le Golfe d'Aden. Au centre de la courbure, failles transformantes compressives avec volcanisme intense ; vers le sud, failles transformantes ouvertes et faible volcanisme.

L'auteur propose une campagne de mesures des rejets verticaux et des décrochements horizontaux le long des divers types de failles du Grand Rift africain au moyen de satellites artificiels, en participant notamment au programme du Space borne laser ranging system.

Le Grand Rift africain se compose, comme chacun sait, de deux branches :

- la branche orientale, de l'Afar jusqu'au sud de Nairobi, jalonnée par les lacs Abay, Stéphanie, Turkana et Natron ;
- la branche occidentale, de l'Ouganda au Mozambique, jalonnée par les lacs Mobutu (Albert), Idi Amin (Edouard), Kivu, Tanganika, Rukwa, Malawi (Nyassa) et Chirwa.

C'est un ensemble structural territorial à actuel qui s'est entièrement développé sur des terrains précambriens.

Après les études tectoniques régionales (qui se sont succédées depuis 1920), on a commencé depuis une dizaine d'années des études de synthèse, plus particulièrement depuis que sont disponibles des images satellites couvrant l'ensemble de la région.

Ces travaux ont permis d'établir des relations entre les structures précambriennes et le Grand Rift.

MM. Chorowicz et Na Bantu Mukonki (2), en interprétant des images Landsat au 1/1.000.000, ont récemment mis en évidence trois longs linéaments de plus de 1.000 km

chacun (Fig. 1), orientés NW-SE et correspondant à des failles ou à des zones faillées :

- au nord, le linéament d'Assoua ;
- au centre, la zone de linéaments du lac Tanganyika au lac Malawi ;
- au sud, le linéament du Zambèze.

Ce sont des failles profondes, anciennes, qui auraient joué en décrochements, au moins au Précambrien terminal.

Si l'on admet, avec ces deux auteurs, que le Grand Rift africain est le résultat de la tendance à l'écartement relatif de la plaque somalienne (à l'est du Rift) par rapport à la plaque africaine (à l'ouest du Rift), les trois grands linéaments décrits ci-dessus peuvent s'interpréter comme des failles transformantes guidant en quelque sorte le mouvement d'écartement des plaques, mouvements qui, dans cette hypothèse, doivent être parallèles aux failles transformantes, c-à-d NW-SE (Fig. 1).

Cette hypothèse a notamment été confirmée par une dizaine de mesures microtectoniques (I) effectuées par les deux auteurs cités, entre le lac Idi Amin et le lac Tanganyika, mesures qui ont mis en évidence une direction d'extension horizontale orientée NW-SE.

(*) Service de Topographie et de Photogrammétrie, Université Libre de Bruxelles, 50 avenue F.D. Roosevelt, B-1050 Bruxelles (Belgique).

J'ai eu l'occasion d'effectuer des études photogéologiques en Afar, à la demande d'Haroun Tazieff, aux Virunga, pour le Centre national de Volcanologie, et au Mozambique, pour une extension de concession de la Companhia Carbonifera de Moçambique, complétées dans cette dernière région, par cinq campagnes d'été de deux à trois mois chacune.

La faille bordière, au NE, qui met brutalement au contact les roches sédimentaires du Karroo sur celles métamorphisées du Complexe de Base, d'âge Précambrien supérieur (gabbro-anorthosites et roches ultra basiques) est quasi rectiligne et court régulièrement NW-SE sur plus de 30 km. Elle a un pendage, mesuré par sondages, de 45°SW.

Immédiatement au sud de Moatize, le Complexe de Base réapparaît dans une boutonnière de 20 km de long. Il ne s'agit pas à proprement parler d'un horst, mais bien plutôt d'un brachyanticlinal d'axe NW-SE, localement souligné sur son flanc sud par des failles, et les couches du Karroo qui affleurent sur son pourtour ont un tracé grossièrement concentrique.

D'autres axes anticlinaux et synclinaux de moindre importance affectent les couches du Karroo entre cette boutonnière et la faille bordière ; tous sont orientés NW-SE.

Les failles sont extrêmement abondantes : nous en avons relevé plus de cent dans la région étudiée. La plupart sont rayonnantes par rapport au brachyanticlinal qui semble donc en être la cause. Mais les plus longues sont orientées NW-SE, parallèlement à la faille bordière. Ce sont des failles normales qui atteignent facilement 7 ou 8 km de long et inclinent vers le centre du graben, avec des pentes variant de 45 à 60° SW.

De très nombreuses venues intrusives de dolérite sillonnent tout le graben. Leur épaisseur varie de quelques centimètres à plus de 50 mètres. Elles recoupent quasi toujours les couches du Karroo à l'emporte-pièce avec de très fortes inclinaisons. Ce sont des dykes bien caractérisés qui cokéfient les couches de charbon recoupées. Toutes ces venues intrusives sont assez régulièrement orientées NW-SE.

La plupart d'entre elles recoupent indifféremment le Complexe de Base et les formations du Karroo et traversent, le plus souvent sans être rejetées, tant la faille bordière que la plupart des failles qui affectent la boutonnière. Elles sont donc, pour la plupart, postérieures à la première phase des grandes déformations tectoniques.

Mais certains de ces dykes soulignent parfois le tracé d'une faille et, d'autre part, quelques failles d'orientation NW-SE, c-à-d presque parallèles aux venues intrusives, les déjettent parfois considérablement, ce qui indique que ces venues intrusives se sont mises en place vers la fin de la déformation tectonique cassante, et que certaines failles ont encore joué après.

Tout ceci, et le fait que les failles bordières, les failles principales, les axes synclinaux et anticlinaux, et les dykes de dolérite soient tous orientés

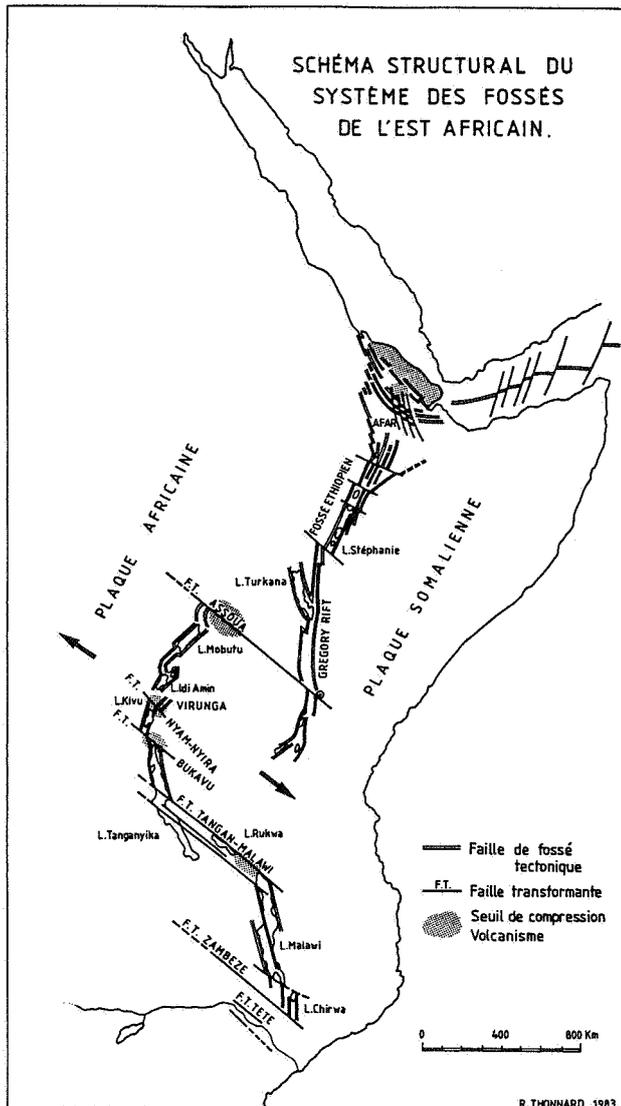
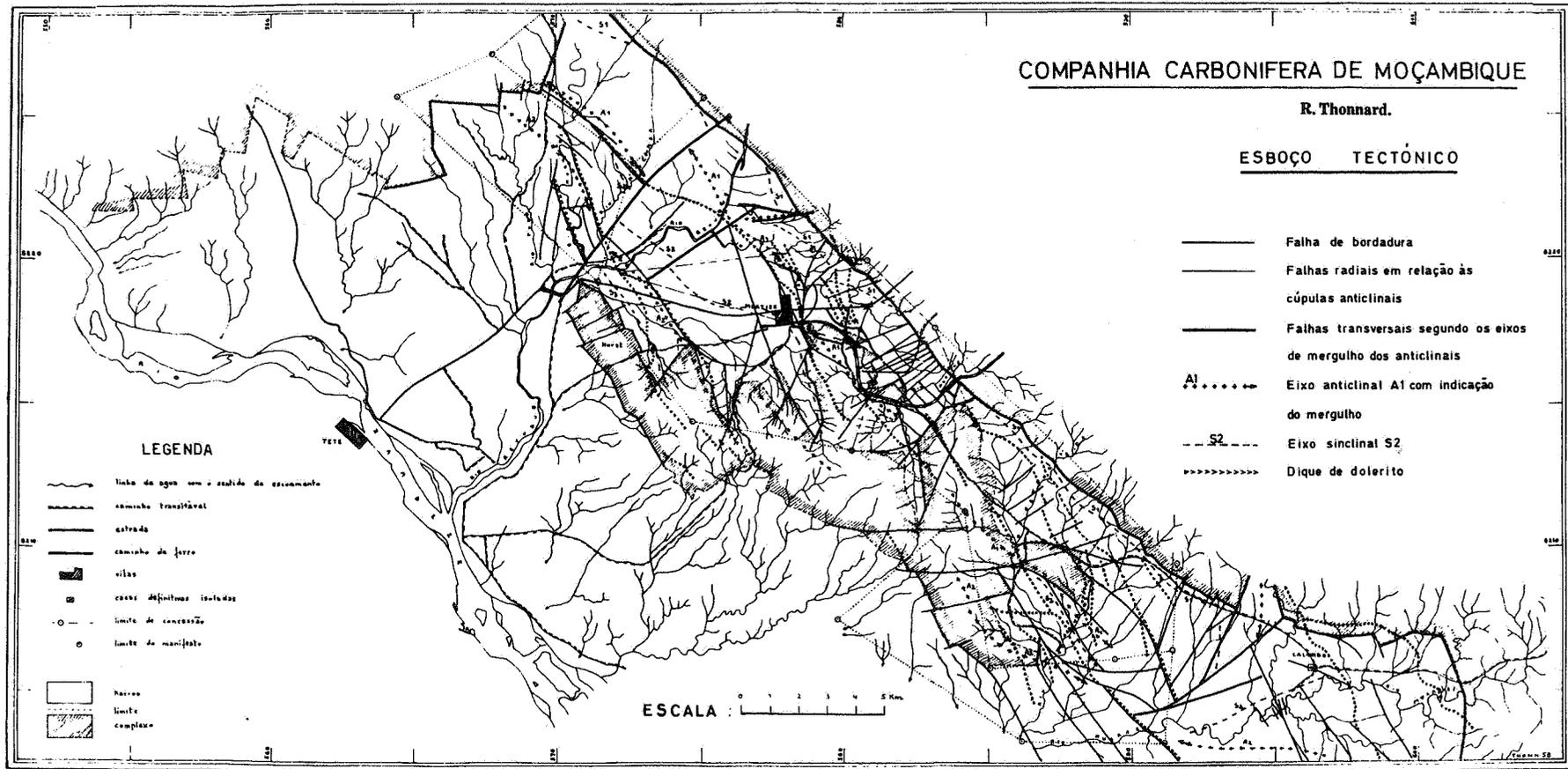


Fig. 1

J'ai été frappé par les différences, tant des points de vue topographique que morphologique, tectonique et volcanique de ces diverses régions du Grand Rift africain. Et je voudrais apporter ici ma modeste contribution aux idées développées par MM. Chorowicz et Na Bantu Mukonki.

Commençons par le Mozambique, où j'ai plus particulièrement étudié le graben de Moatize, qui n'est que la fraction NE du graben de Tete, dans le NW du Mozambique (Fig. 2).



Esquisse tectonique du graben de Moatize

Fig. 2

NW-SE, de même que les faibles rejets verticaux provoqués par les failles principales, et les faibles dénivellations qui en résultent, appuient l'idée, à l'échelle continentale, d'une faille transformante d'orientation NW-SE.

Maintenant, que cette faille transformante soit constituée par un graben de 20 km de large (on n'en voit que la moitié nord sur la fig. 2) s'explique facilement. En effet, les mouvements horizontaux le long des failles transformantes sont purement décrochants à condition que ces failles soient bien parallèles à la direction d'écartement des plaques (Fig. 3 gauche). Mais ces mouvements horizontaux s'accompagnent d'une certaine ouverture (Fig. 3 centre) ou au contraire d'une collision (Fig. 3 droite) selon que ces failles sont un peu obliques, dans un sens ou dans l'autre, par rapport à la direction d'écartement des plaques.

Dans le cas présent, au Mozambique, une petite divergence a amené la

création d'un pseudo-graben de 20 km de large.

Enfin, le seul volcan de toute la région est le mont Muambe. Cette faible activité volcanique appuie, elle aussi, l'idée d'une faille transformante s'accompagnant d'une légère ouverture.

En effet, comme le remarque Pouclet (4), c'est au niveau des seuils que se localisent les aires volcaniques :

- celle du Rungwe, entre les bassins des lacs Malawi et Rukwa ;
- celle de l'Est Ouganda entre les dépressions des lacs Kyoga et Rudolph.

Mais j'ajouterai que la première se trouve justement sur la faille transformante joignant le lac Tanganyika et le lac Malawi, et la seconde sur la faille transformante d'Assoua (Fig. 1). Elles sont donc intimement liées aux failles transformantes et s'expliquent par la collision de plaques en mouvement, collision localement due à une légère conver-

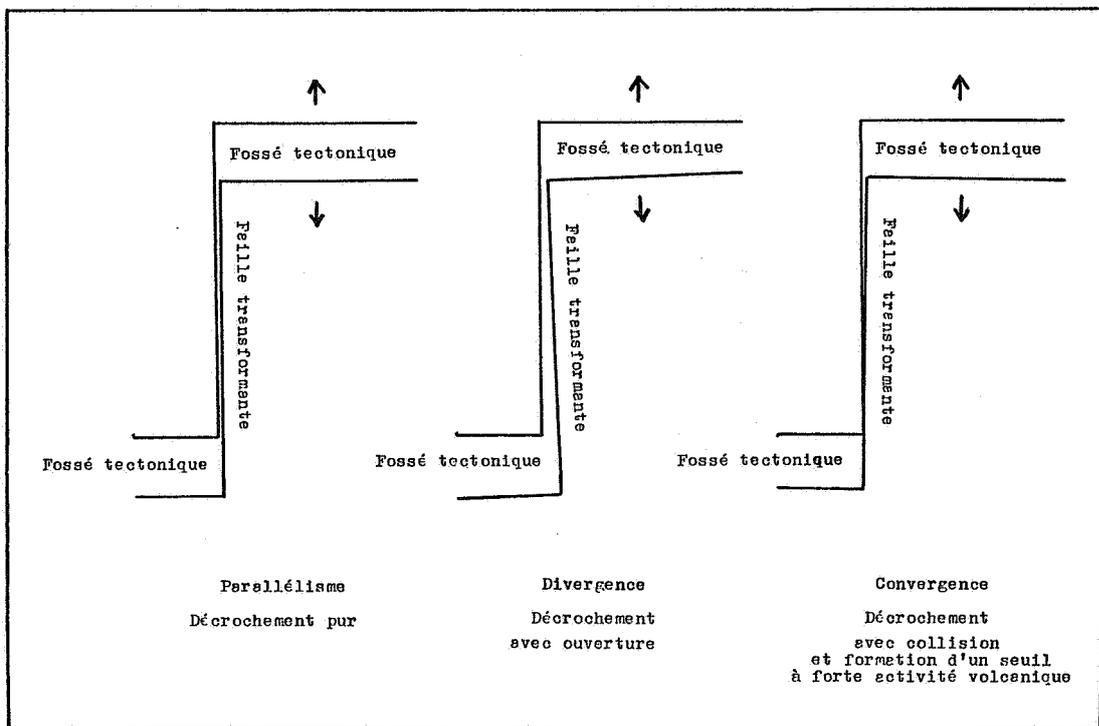


Fig. 3

gence des plaques. Cette collision provoque mécaniquement le seuil et engendre une grande activité volcanique.

Dans le cas présent, il s'agit vraisemblablement d'une légère rotation relative de la plaque somalienne par rapport à la plaque africaine (Fig. 4).

Cette explication des seuils nous amène à parler des Virunga. En 1959, à la demande du Centre National de Volcanologie, j'ai établi le fond topographique et l'interprétation photogéologique de l'ensemble

des Virunga au 1/50.000. Seule la première feuille (il y en avait trois) a été publiée.

L'interprétation se borne à la délimitation des cônes volcaniques, des coulées de lave (une teinte par appartenance à chacun des grands appareils, et des intensités variables en fonction des âges relatifs des coulées), et au tracé des fissures et des failles comme, par exemple, l'ensemble des fissures traversant de part en part le Nyamuragira, ou celles qui soulignent la série de petits volcans alignés entre le Visoke et le Mikeno.

J'ai, par la suite, réduit l'ensemble des trois feuilles en une seule carte au 1/100.000, et j'ai réinterprété l'ensemble, symbolisant chaque cône volcanique, quelle que soit son importance, par un cercle noir de dimension standard (il y en a 637) (Fig. 5), et en recherchant toutes les fissures qui sont très nombreuses. Ou bien elles sont ouvertes et jalonnées de petits cônes actifs, ou bien elles sont comblées et passent au travers de plus gros volcans, d'ailleurs très souvent cisailés par elles. La plupart des volcans proprement dits sont ainsi fendus et égueulés.

En reportant toutes ces fissures sur une carte de synthèse, on voit apparaître deux directions principales : une SW-NE qui correspond aux failles d'élargissement du Rift, et une autre NW-SE, passant notamment par les grands volcans Nyiragongo et Nyamuragira, et qui correspond à la direction des failles transformantes (Fig. 6)

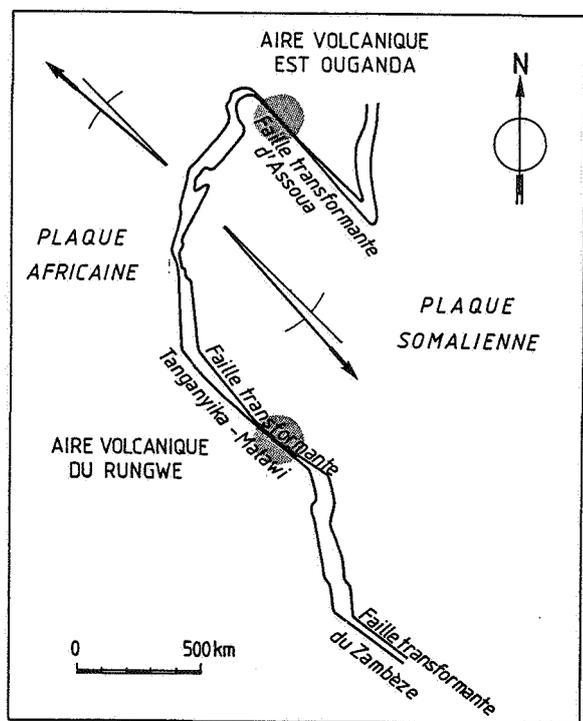


Fig. 4

Les failles d'élargissement du Rift sont recoupées et décalées à deux reprises par les failles transformantes. Au droit du Nyiragongo, une inflexion des failles d'élargissement et un redoublement de celles-ci impliquent l'existence d'un seuil d'écrasement et expliquent la présence du lac de lave permanent.

Ce ne sont donc pas les volcans des Virunga qui, par leurs importantes coulées de lave, auraient séparé les lacs Idi Amin et Kivu ; mais bien la collision des plaques qui, en provoquant la naissance d'un seuil, ont engendré localement une activité volcanique anormale.

Nos conclusions vont dans le même sens que Pouclet (4) qui, se basant sur des mesures de la profondeur des bassins et des épaisseurs de sédiments (par échosondages, sondages et interprétation des levés gravimétriques Jones-Evrard), estime également que ces deux lacs correspondent à deux bassins distincts et que les volcans se sont mis en place sur un seuil du fond du Rift.

Mais nous ne le suivons plus quand il interprète (5) la branche SSE-NNW de l'ensemble fissural des Virunga comme étant "des cassures transverses dues à une tension oblique entre les failles droites" du fossé tectonique. Pour lui, "le seuil des Virunga subirait une torsion entre les bassins Kivu et Edouard du fait des mouvements verticaux différentiels et du décalage de l'axe".

Notre interprétation d'une faille transformante est plus simple, s'appuie sur des observations (inflexion des failles d'élargissement et redoublement de celles-ci) et s'intègre harmonieusement dans l'ensemble des observations de MM. Chorowicz et Na Bantu Mukonki.

Je terminerai par l'Afar, terre de prédilection des théoriciens de la tectonique en plaques, où fossés tectoniques et failles transformantes sont visibles en surface.

Le fossé tectonique, large de 250 km, est extrêmement complexe. Une multitude de failles normales, parallèles entre elles et d'orientation NW-SE, découpent le fossé en une série de grabens et de horsts, avec des rejets verticaux directement mesurables grâce à l'épaisse couverture de basalte qui atteint plus de 100 m.

Une multitude de failles transformantes, d'orientation presque N-S, décalent les horsts et les grabens en échelons refusés. En général sans rejet propre, ces failles transformantes peuvent, au droit d'un graben, présenter une falaise qu'il ne faut pas confondre avec un rejet.

Le fossé éthiopien, au sud de l'Afar, n'est large, lui que de 80 km. Sa tectonique est plus simple et les rejets verticaux sont faibles (1).

L'Afar, à proprement parler, ne fait donc pas partie du Grand Rift africain, mais c'est là, comme l'écrivent MM. Chorowicz et Na Bantu Mukonki, que le Grand Rift "débute au nord, au point triple de l'Afar". Je dirai seulement qu'il ne s'agit pas d'un point triple, mais d'un point double.

J'ai, en effet, presque entièrement couvert le triangle de l'Afar (soit plus de 150.000 km²) par une interprétation photogéologique au 1/50.000 à la demande d'Haroun Tazieff.

Le document que je vous présente à la fig. 7 ne couvre que 1.600 km² dans

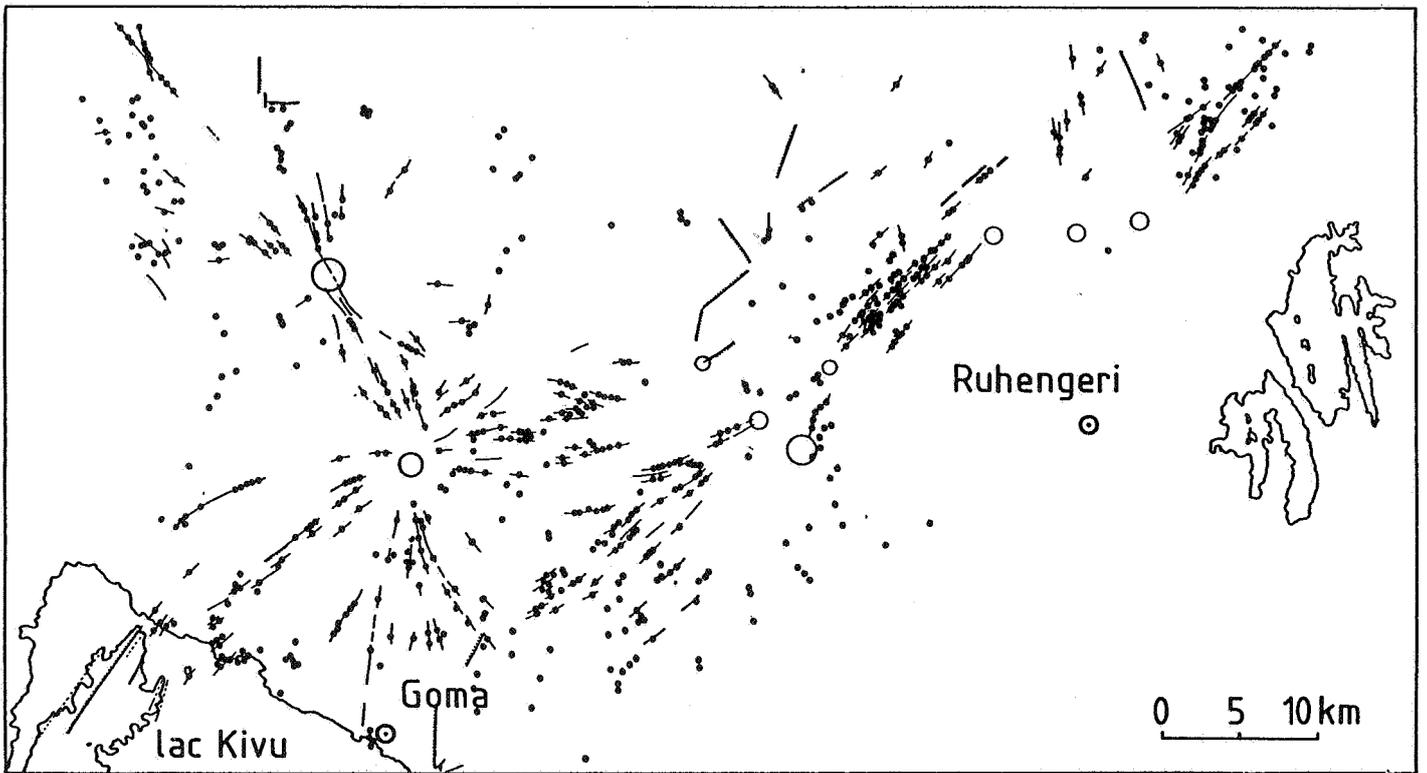


Fig. 5

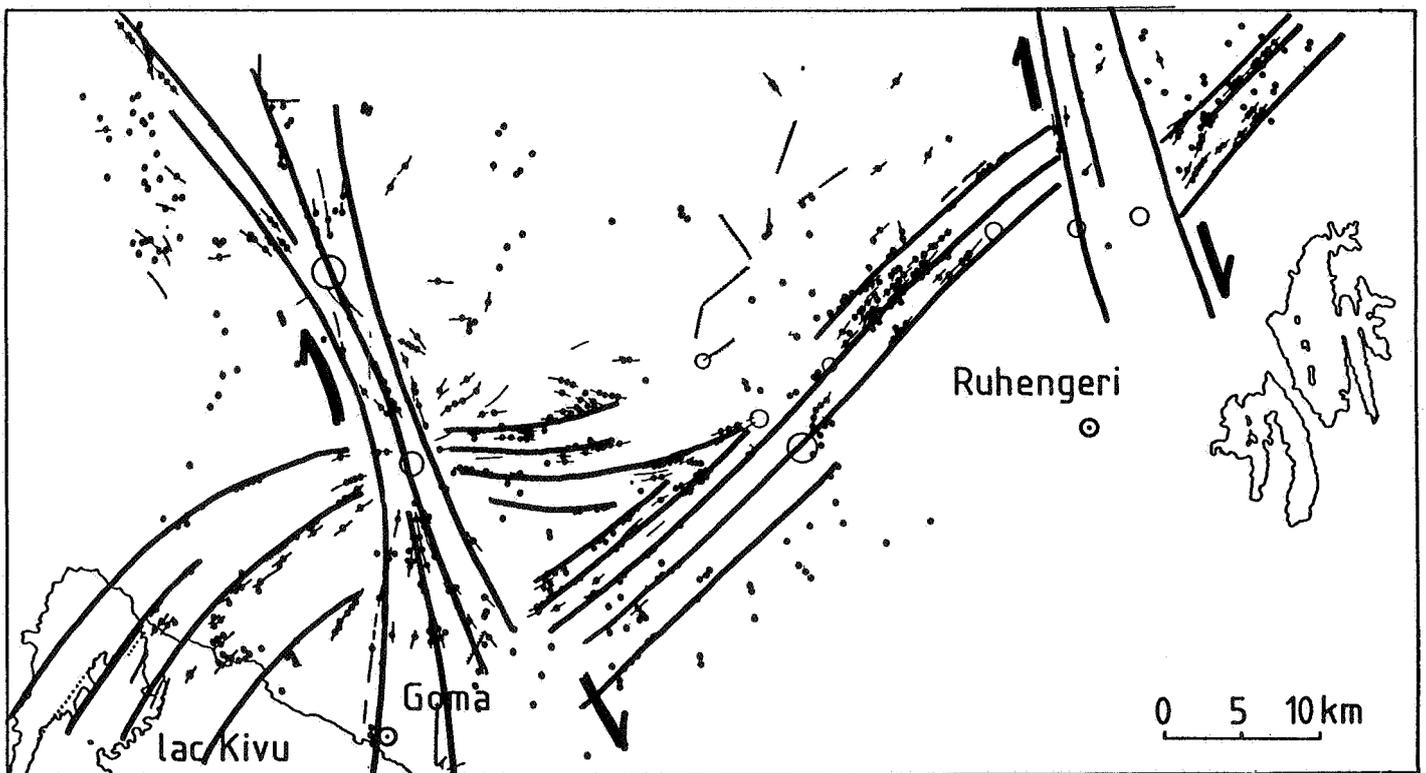


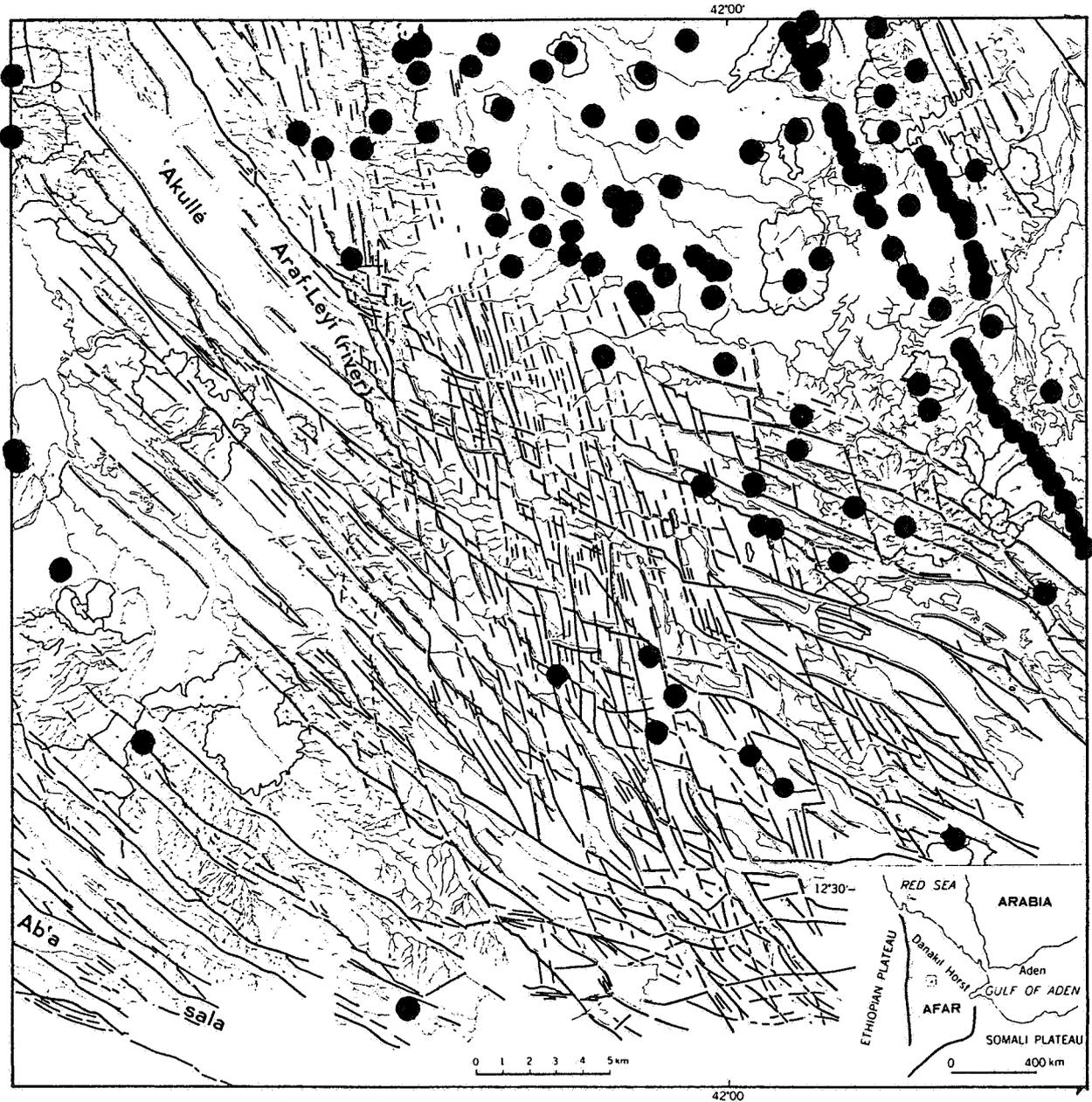
Fig. 6

TECTONIC MAP OF KI'UK-HENKEBBA QUADRANGLE

AFAR (Danakil Depression) ÉTHIOPIA

Air photo-interpretation by R. THONNARD

Scale : 1/200.000



Air photographs kindly provided by the Government of H. I. M. Haile Selassie 1st

This map results from the geological survey started in 1967 by the joint Centre National de la Recherche Scientifique (France) Consiglio Nazionale delle Ricerche (Italy), research program RCP 180, led by G. MARINELLI and H. TAZIEFF.

- joints
- fault
- major fault
- hatchers show the magnitude of displacement
- volcano : lava flows
- hydrographic net

Fig. 7

la partie centrale de l'Afar, dite quadrangle de Ki'Uk-Henkeba, soit un centième de l'Afar.

On y voit clairement que les failles du fossé tectonique de la Mer Rouge s'incurvent en Afar pour se continuer dans le Golfe d'Aden suivant le Rift de la Crête de Carlsberg, et le Grand Rift africain s'y rattache en le pénétrant et en s'y superposant comme le montre une de mes restitutions photogrammétriques antérieures (7).

On constate également que le volcanisme y est particulièrement intense, d'une part le long de certaines failles transformantes, là où se produisent probablement localement des compressions et d'autre part sur les plateaux, au nord, où il n'y a ni fossés ni failles transformantes visibles, c-à-d encore une fois dans les zones de compression.

Enfin, les failles transformantes s'ouvrent en éventail du centre au sud. Au centre, elles provoquent des décrochements purs sans rejets verticaux. Au sud, elles provoquent des décrochements avec ouverture et légers rejets verticaux.

Toutes ces observations concordent : au nord, décrochements avec compression, formation d'un seuil et volcanisme intense ; au sud, décrochements avec ouverture, rejets verticaux et faible volcanisme.

A l'échelle de l'Afar pris dans son ensemble, le volcanisme est particulièrement développé dans les Alpes Danakil au NE, et l'on peut émettre l'hypothèse que, comme dans les Virunga, ce ne sont pas directement les énormes coulées de lave des grands appareils volcaniques qui ont coupé la Mer Rouge actuelle de l'Afar, mais bien un seuil provoqué par un ensemble de failles transformantes compressives, au centre de courbure des fossés du Rift érythro-sabéen, failles transformantes compressives responsables d'une activité volcanique anormale, avec émission d'une telle quantité de laves, que le nord de l'Afar s'est enfoncé d'un millier de mètres sous son poids, et que le sud de l'Afar s'est relevé en compensation d'un autre millier de mètres, soit une différence de 2.000 m, mais pour une distance de 500 km, soit une inclinaison de la plaque d'à peine 10 minutes d'arc.

En conclusion, mes observations renforcent les théories de MM. Chorowicz et Na Bantu Mukonki et permettent de les compléter à l'échelle locale :

- elles les renforcent au Mozambique où nous concluons que le graben de Tete est une transformante ouverte ;
- elles les complètent aux Virunga par l'adjonction de transformantes compressives responsables du seuil et de l'activité volcanique anormale.

En Afar, mes observations renforcent l'idée d'un point double : le Grand Rift africain se rattache, en s'y superposant, au Rift érythro-sabéen, lui-même point de courbure du Rift de la Mer Rouge se continuant dans le Golfe d'Aden.

Au centre de courbure, failles transformantes compressives avec volcanisme intense ; vers le sud, failles transformantes ouvertes et faibles volcanisme.

Mais il serait souhaitable de pouvoir contrôler ces hypothèses par des mesures. Il faudrait pouvoir mesurer les déplacements de repères judicieusement placés de part et d'autre des fossés tectoniques et des failles de transfert, par des observations répétées dans le temps et étalées sur plusieurs années.

Les progrès récents de la géodésie statique par satellites artificiels permet d'envisager ce genre de mesures. Peut-être déjà avec les 18 satellites GPS qui sont pleinement opérationnels depuis cette année, dotés de dispositifs interférométriques, mais plus probablement avec le Space Borne Laser Ranging System qui est actuellement à l'étude au Goddard Space Flight Center aux USA, et qui devrait permettre d'obtenir les coordonnées de deux repères distants de 50 km à mieux qu'un centimètre près en XYZ.

L'avantage du deuxième procédé, outre sa précision qui laisse rêveur, c'est que les repères sont constitués par des prismes en coins de cubes, peu coûteux, ne nécessitant aucune présence humaine pendant la mesure, ni aucun entretien entre deux séries de mesures. Toutes les opérations de recherche, d'identification, de mesure et de calcul sont effectuées par le satellite lui-même et transmises au sol à chaque révolution.

Dès à présent, les Américains comptent surveiller la San Andrea's Fault en installant une centaine de tels repères tout au long de la faille. Le satellite, volant à 1.000 km d'altitude, pourrait relever les coordonnées de 60 coins de cube en 10 minutes.

Il serait hautement souhaitable que des repères du même type puissent être installés à divers endroits du Grand Rift africain.

REFERENCES

- (1) BAKER, MOHR & WILLIAMS (1972) - Geology of the Eastern Rift System of Africa. *Geological Society of America. Special paper 136.*
- (2) CHOROWICZ & NA BANTU MUKONI (1980) - Linéaments anciens, zones transformantes récentes et géotectonique des fossés de l'Est africain, d'après la télé-détection et la microtectonique. *Mus. roy. Afriq. centr. Rapport annuel 1979 - p. 143-167.*

- (3) FAIRHEAD, J.D. (1973) - Crustal structure of the gulf of Aden and the Red Sea. *Tectonophysics*. p. 261-267.
- (4) POUCKET, A. (1978) - Les communications entre les grands lacs d'Afrique centrale. Implications sur la structure du Rift occidental. *Mus. roy. Afriq. centr. Rapport annuel 1977*. p. 145-155.
- (5) POUCKET, A. (1977) - Contribution à l'étude structurale de l'aire volcanique des Virunga ; Rift de l'Afrique centrale. *Rev. géogr. phys. géol. dynam.* 2 XIX. p. 115-124.
- (6) TAZIEFF, BARBERI, VARET, FAURE, STIELTJES, MARINELLI ET COLL. (1973) - Numéro spécial sur l'Afar. *Rev. géogr. phys. géol. dynam.* 4 XV SEP-OCT.
- (7) TAZIEFF & VARET (1969) - Signification tectonique et magmatique de l'Afar septentrional (restitution photographique Thonnard). *Rev. géogr. phys. géol. dyn.* 4 XI. p. 429-450.

N. V. **SMET** D. B.

VERKENNINGSBORINGEN

WATERWINNINGSPUTTEN

POMPENINBOUW

WATERBEHANDELING

AFVALWATERSTATIONS

BETONBORINGEN

Stenehei 30
2480 DESSEL
Tel. 014/37 76 56
Telex 33189

Publications

Publikaties

Bulletins :

- par tome 1.200.- F
- par fascicule 300.- F

Série complète à partir du Tome LXII (1953)
jusqu'au Tome 93 (1984) soit 32 tomes, plus
Table LI (1942) à LXXI (1962) 15.000.- F

Bulletins :

- per volume 1.200.- F
- per deel 300.- F

Volledige reeks van Vol. LXII (1953) tot
Vol. 93 (1984) hetzij 32 vol. met Tafel
LI (1942) tot LXXI (1962) 15.000.- F

Mémoires in-4°

300.- F .

Verhandelingen in 4°

300.- F .

1. BOMMER, Ch., 1903. Les causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales (31 p., 10 pl.). épuisé
2. PRINZ, W., 1908. Les cristallisations des grottes en Belgique. (90 p., 143 fig.). épuisé
3. SALEE, A., 1910. Contribution à l'étude des polypiers du Calcaire Carbonifère de la Belgique. Le genre *Caninia*. (62 p., 9 pl.).
4. STÜBEL, A., 1911. Sur la diversité génétique des montagnes éruptives. (70 p., 53 fig.).
5. ROBERT, M., 1931. épuisé (voir série suivante n° 2)

in-4°, 2e série : Nouveaux Mémoires

1. CAMERMAN, C., et ROLLAND, P., 1944. La pierre de Tournai. (125 p., 4 dépliant, 5 pl.).
2. ROBERT, M., 1949. Carte géologique du Katanga méridional, avec notice topographique de J. VAN DER STRAETEN et notice géologique de M. ROBERT. (32 p., 1 carte polychrome au 1/1.000.000e).
3. LEPERSONNE, J., et WERY, A., 1949. L'oeuvre africaine de Raymond De Dycker. (131 p., 1 dépliant).
4. STEVENS, Ch., 1952. Une carte géomorphologique de la Basse- et Moyenne-Belgique. (24 p., 8 fig., 1 carte polychrome).
5. DELCOURT, A., et SPRUMONT, G., 1955. Les spores et grains de pollen du Wealdien du Hainaut. (73 p., 4 pl., 14 fig.).

in-8°

1. DELECOURT, J., 1946. Géochimie des bassins clos, des océans et des gîtes salifères. Mers et lacs contemporains. (177 p., 3 fig.).
2. LOMBARD, A., 1951. Un profil à travers les Alpes, de Bâle à Chiasso. (50 p., 16 fig., 2 dépliant). épuisé
3. ROBERT, M., 1951. Les cadres de la géologie du Katanga. (45 p., 1 fig., 1 dépliant).
4. CAHEN, L. et LEPERSONNE, J., 1952. Equivalence entre le système du Kalahari du Congo belge et les Kalahari Beds d'Afrique australe. (64 p., 8 fig.). épuisé
5. MARLIÈRE, R., 1958. Ostracodes du Montien de Mons et résultats de leur étude (53 p., 6 pl., 3 fig.).
6. SYMPOSIUM SUR LA STRATIGRAPHIE DU NEOGENE NORDIQUE, Gand, 1961. (248 p., 13 pl.) 500.- F .
7. BORDET, P., MARINELLI, G., MITTEMPERGER, M. et TAZIEFF, H., 1963. Contribution à l'étude volcanologique du Katmai et de la Vallée des Dix Mille Fumées (Alaska). (114 p., 22 pl.). 500.- F .
8. van BEMMELEN, R.W., 1964. Phénomènes géodynamiques. I. A l'échelle du Globe (géonomie). II. A l'échelle de l'écorce terrestre (géotectonique). III. A l'échelle de l'orogénèse alpine (tectonique). (127 p., 38 fig.). 500.- F .
9. MAMET, B., MIKHAILOFF, N. et MORTELMANS, G., 1970. La stratigraphie du Tournaisien et du Viséen inférieur de Landelies. Comparaison avec les coupes du Tournaisien et du Bord Nord du Synclinal de Namur. (81 p., 6 fig.). 300.- F .

Publications hors-série : patronnées par la Société

Buitengewone Publikaties : gepatroneerd door de Ver.

- LANCASTER, A., 1888. La pluie en Belgique - Premier fascicule (seul paru). 224 p. et une carte au 1/400.000 de la répartition annuelle des pluies 300.- F .
- LA GÉOLOGIE DES TERRAINS RECENTS DANS L'OUEST DE L'EUROPE. 1947 (Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie, en septembre 1946). 495 p., 97 fig., 12 pl., 2 tabl. 800.- F .
- BOUCKAERT, J., 1961. Les Goniatites du Carbonifère belge (Documents pour l'Etude de la Paléontologie du Terrain Houiller). 10 p., 29 pl. 300.- F .
- BEUGNIES, A., 1968. Livret guide des excursions dans le Massif Cambrien de Rocroi, de Fépin à Bogny suivant la vallée de la Meuse. 38 p., 1 pl. 50.- F .
- MARLIÈRE, R., 1969. Introduction à quelques excursions géologiques dans Bassin de Mons. 10 p., 1 pl. 50.- F .

Tables générales des matières :

Inhoudstafels :

- | | | | |
|---------------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------|
| Tome I (1887) à XX (1906) | 300.- F . | Volume I (1887) tot XX (1906) | 300.- F . |
| Tome XXI (1907) à L (1940-1941) | 300.- F . | Volume XXI (1907) tot L (1940-1941) | 300.- F . |
| Tome LI (1942) à LXXI (1962) | 500.- F . | Volume LI (1942) tot LXXI (1962) | 500.- F . |

Les commandes doivent être adressées au
Secrétariat. Le paiement anticipatif est
demandé et se fera par virement au

C.C.P. 000.0145219.10

de la Société belge de Géologie, Bruxelles.
Une remise de 25% est consentie aux
libraires et aux membres de la Société.

De bestellingen worden aan het Sekretariaat
gericht. Verplichtend voorafgaandelijk te
betalen door storting op

P.C.R. 000.0145219.10

van de Belgische Vereniging voor Geologie,
Brussel.
Boekhandels en Leden genieten van 25%
afslag.

GEOLOGIE

**Bulletin de la Société
belge de Géologie**

**Périodique trimestriel
Tome 94 - Fascicule 4, 1985
édité en décembre 1985**

**Bulletin van de Belgische
Vereniging voor Geologie**

**Driemaandelijks tijdschrift
Volume 94 - Deel 4, 1985
verschenen in december 1985**

SOCIETE BELGE DE GEOLOGIE, a. s. b. l.
rue Jenner 13 1040 Bruxelles

BELGISCHE VERENIGING VOOR GEOLOGIE, v. z. w.
Jennerstraat 13 1040 Brussel

CONSEIL D'ADMINISTRATION

1 9 8 5

RAAD VAN BEHEER

Président Guy SERET (1984-1985) Voorzitter

Vice-Présidents Ondervoorzitters

BEUGNIES, A. (1985-1986) d'URSEL, A. (1984-1985)
DE PAEPE, P. (1985-1986) LADURON, D. (1984-1985)

Secrétaire général Eric GROESSENS (1983-1986) Secretaris-generaal

Secrétaire adjoint Michiel DUSAR (1983-1986) Adjunct-Secretaris

Secrétaires généraux honoraires Ere-Secretarissen-Generaal
DELMER, A. (1956-1969)
PAEPE, R. (1970-1974)
LEGRAND, R. (1975-1978)

Trésorier H. LADMIRANT (1985-1988) Schatbewaarder

Membres du Conseil Leden van de Raad

BOISSONNAS, J. (1985-1986) BULTYNCK, P. (1984-1985)
COEN-AUBERT, M. (1985-1986) BRUMAGNE, D. (1984-1985)
DUMONT, P. (1985-1986) HERBOSCH, A. (1985)
OVERLAU, P. (1985-1986) LAGA, P. (1984-1985)
RAUCO, P. (1985-1986) LOY, W. (1984-1985)
ROBASZYNSKI, F. (1985-1986) MICHOT, J. (1984-1985)

◇ ◇ ◇

Commission de Vérification des Comptes Commissie voor Nazicht der Rekeningen

ANCIAUX, P. (1985-1986)
DRICOT, E. (1985-1986)
DUCARME, B. (1985-1986)

Comité de Rédaction du Miscellanea Geologica Redactie Comite van Miscellanea Geologica

LAVREAU, J. - STREEL, M. - VANDENBERGHE, N.

Commission des Publications Publicatiecommissie

BEUGNIES, A., CONIL, R., de BETHUNE, P., de MAGNEE, I.

Bibliothécaire Eric GROESSENS Bibliothecaris

BULLETIN DE LA
SOCIÉTÉ BELGE DE GÉOLOGIE
TOME 94 - FASC. 4 - 1985

Publié sous le Haut Patronage
de S. M. le Roi

Publié avec l'aide financière
du Ministère de l'Éducation
nationale et de la Culture
française et du Ministère
van Nationale Opvoeding en
Nederlandse Cultuur.

Publié avec le concours de la
Fondation Universitaire
de Belgique

et avec la collaboration de la
Province de Brabant.

Editeur responsable
Eric GROESSENS

SECRETARIAT - Rue Jenner 13
B-1040 Bruxelles

BULLETIN VAN DE
BELGISCHE VERENIGING VOOR GEOLOGIE
VOLUME 94 - DEEL 4 - 1985

Publicatie onder de Hoge Bescherming
van Z. M. de Koning

Gepubliceerd met de financiële hulp
van het Ministerie van Nationale
Opvoeding en Nederlandse Cultuur
en het
Ministère de l'Éducation nationale
et de la Culture française.

Gesubsidieerd door de
Belgische Universitaire Stichting

en met de medewerking van de
Province de Brabant.

Verantwoordelijke Uitgever
Eric GROESSENS

SECRETARIAAT - Jennerstraat 13
B-1040 Brussel

TABLE DES AUTEURS - INHOUD

FASCICULE 4	DEEL 4
	Pages/Blz.
BRICE, D., COLBEAUX, J.P. et LEPLAT, J. - Compte rendu de la session extraordinaire des Sociétés belges de géologie dans le Paléozoïque de Ferques (Bas-Boulonnais)	235
WOUTERS, G., LEPAGE, J.C. et DELSATE, D. - Nouveau gisement de therapsides et mammifères dans le Trias supérieur d'Attert, en Lorraine belge	251
QUINIF, Y., LAIR, Ph. et CHARLET, J.M. - Le dosage des radioéléments naturels U-Ra-Th-K ₂ O par spectrométrie gamma sur chaîne de mesures automatisée, les applications aux sciences de la Terre.	255
MAMET, B., NAISSE, F., PEREZ, S. et PREAT, A. - <i>Frondilina tailferensis</i> , n. sp. Un forammifère nouveau du Frasnien de la Belgique.	269
DECREER, J. - Comparison between mounting techniques for clay minerals as a function of quantitative estimations by X-ray diffraction	275
DEJONGHE, L. - Mineral deposits of Belgium	283

INSTRULAB s.a.

Chaussée de Charleroi 51 B -Bte 6
1060 Bruxelles

Tél. 02/ 538.62.60 — Telex 26036

Vous propose :

les boussoles pour géologues

les niveaux

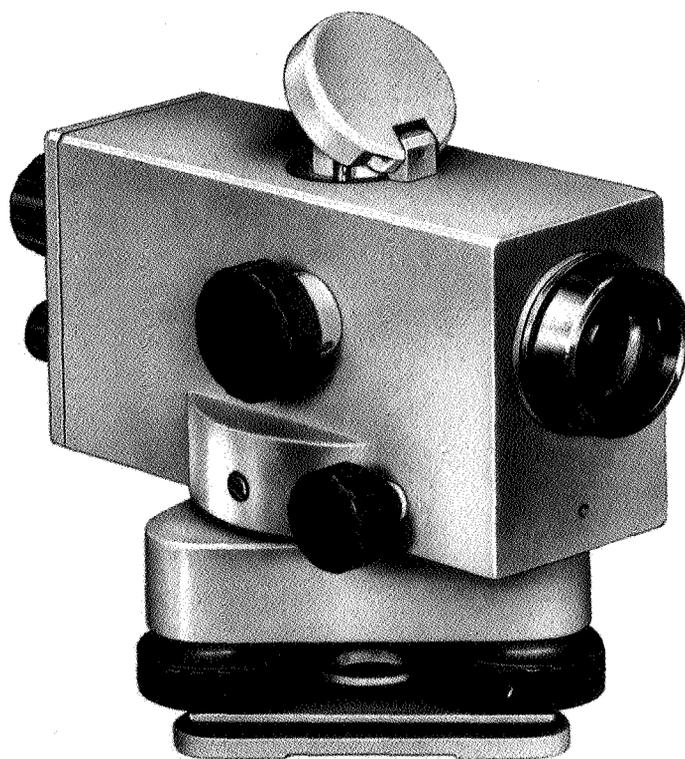
les théodolites

les microscopes polarisants

ausJENA

Des appareils robustes, maniables, précis,
dotés d'optiques de haute qualité à des prix
extrêmement attractifs.

Pour tous renseignements consultez-nous.



- Geologen- en spiegelkompassen
- Waterpaskijkers
- Theodolieten
- Polarisatiemikroskopen

ausJENA

Deze degelijke, nauwkeurige, licht hanteerbare en met
hoogwaardige optiek voorziene toestellen worden U aan zeer
aantrekkelijke prijzen aangeboden.

Voor alle verdere inlichtingen, raadpleeg

n.v. INSTRULAB

Steenweg op Charleroi 51 B - Bus 6
1060 BRUSSEL

Tel. 02/ 538.62.60 — Telex 26036