

RAPPORT DE MISSION EN AFRIQUE DU SUD ET EN RHODESIE

--:--:--:--:--:--:--:--:--:--

Nouméa, Novembre 1969

J.H. GUILLON

FFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER

- Centre de Nouméa -

-:-:-:-

- RAPPORT DE MISSION EN AFRIQUE DU SUD ET EN RHODESIE

=====

Nouméa, Novembre 1969

J.H. GUILLON

La Société Géologique d'Afrique du Sud a consacré son XIIème congrès annuel à un symposium dont le thème principal était l'analyse comparative des intrusions basiques stratifiées des vieux socles, afin d'une part d'en dégager les principales caractéristiques anatomiques et structurales, d'autre part de reposer à la lumière des données acquises les problèmes relatifs au manteau supérieur.

Ce symposium a eu lieu du 7 au 11 Juillet 1969 à Pretoria ; il a été suivi par des excursions, organisées par l'université de Pretoria et celle de Salisbury, dans le Bushveld et le grand dyke de Rhodésie. Nous dirons tout d'abord quelques mots du congrès proprement dit.

L'intérêt soulevé par le thème de ce symposium est attesté par le grand nombre des géologues qui y ont participé. En effet 280 chercheurs représentant quatorze nations étaient présents dans la salle des congrès de l'université de Pretoria. Outre les états d'Afrique Australe (Afrique du Sud, Rhodésie, Mozambique...) les Etats-Unis, le Canada, les états du Commonwealth et la République Fédérale Allemande étaient largement représentés.

Environ cinquante communications ont été présentées ; on peut, très schématiquement, les classer ainsi :

- Etudes monographiques (pétrologie, géochimie, métallogénie...) d'appareils qui demeureraient inédits, comme les complexes australiens, ceux de l'Antarctique ou d'Afrique Australe (Barberton mountains, dôme de Vredefort).

- Etudes fines portant sur des portions restreintes d'appareils bien connus (Muskox, Stillwater, Sudbury, Great Dyke, Bushveld) et destinées à acquérir des données complémentaires sur leur structure et leurs stades d'évolution. Il faut signaler, à ce propos, des résultats nouveaux acquis à la suite d'études géophysiques (gravimétrie et magnétisme).

- Etudes expérimentales : pétrologie, thermodynamique, géochronologie (les différentes méthodes : leurs champs d'application, leurs limites).

- Etudes comparatives des complexes ignés basiques. Mises en évidence des caractères distinctifs avec les appareils de type alpin.

Ces dernières ont conduit plusieurs auteurs à admettre que la distinction entre ces deux types d'appareils était beaucoup trop arbitraire. Les géologues présents se sont cependant accordés pour reconnaître des origines sensiblement différentes. On a ainsi admis qu'une série d'émissions magmatiques fissurales pourrait être à l'origine des complexes stratifiés (type Bushveld, Sudbury). L'hypothèse d'une origine extra-terrestre des matériaux qui les composent a, de nouveau, été avancée et, de nouveau, été violemment controversée. Il en a été de même pour l'hypothèse métasomatiste défendue par Van Biljon (1949) pour le Bushveld.

Quant aux appareils de type alpin, la majorité a rejeté l'hypothèse ophiolitique et reconnu comme fortement probable une mise en place en grande partie mécanique. Plusieurs faits semblent contredire ou, tout au moins, nuancer cette conception idéaliste. Tout d'abord, des pillow-lavas de composition ultra-basique ont été observés par M. et R. Viljoen en interstratification avec des coulées basaltiques dans les Barberton mountains (région orientale de Transvaal) ; l'hypothèse d'un magma péridotitique a donc été proposée et défendue avec vigueur par ces auteurs. D'autre part, des réinjections (pipes dunitiques par exemple), très fréquentes dans ces appareils montrent que des phases magmatiques ont pu continuer à demeurer mobiles. Les débats ont montré que les limites entre les conceptions des rigidistes et des magmatistes demeurent très floues ; il est clair que les géologues se heurtent dans leur tentative de trouver une explication aux faits collectés depuis vingt ans, à des difficultés d'ordre conceptuel, à savoir l'idée même que nous pouvons avoir des phases d'évolution d'un magma. Par ailleurs, les données géochronologiques semblent avoir momentanément relégué les observations de terrain au second plan ; elles conduisent les géologues à reconsidérer les conditions de la genèse de ces appareils, en fonction des nouvelles applications de ces méthodes, séduisantes mais encore mal contrôlées.

Les différents exposés seront publiés dans un volume édité par la Société Géologique d'Afrique du Sud ; nous n'en donnerons pas

ici la liste qui demeure provisoire. Nous décrivons succinctement les faits observés lors des visites que nous avons faites dans le Bushveld et dans le grand Dyke de Rhodésie et les constatations que nous avons faites à ce propos.

## I LE COMPLEXE IGNE DU BUSHVELD

### A. LES ROCHES ENCAISSANTES

Le Bushveld est un complexe magmatique inséré entre les séries de Prétoria et les formations du Waterberg (dont les âges seraient respectivement de 1950 et 1300 millions d'années selon Nicolayson et Burger 1964).

Cet appareil repose sur les quartzites, shales et dolomies de la série de Pretoria (Fig. 2.). Ces roches ont été ployées et plongent, sous un angle variant entre 10 et 20°, vers le centre de l'appareil. La stratification des roches sédimentaires du plancher et la surface basale sont en parfaite concordance. Une disharmonie légère peut, toutefois, exister localement (ainsi dans la région de Burgersfort). Les quartzites sur lesquels repose directement l'appareil du Bushveld sont recristallisés. Cependant les figures sédimentaires (ripples marks, cross bedding) sont encore visibles. Les shales sont transformés en cornéennes dans lesquelles apparaissent grenat, wollastonite, diopside, vésuvianite, monticellite, akermanite, sillimanite et andalousite.

Les roches sédimentaires de la série de Pretoria se trouvent également (avec des intercalations de niveaux felsitiques) au toit de l'appareil (Rooiberg, Crocodile River...). Les quartzites du toit sont également recristallisés et sont - mais à des degrés divers - feldspathiques ; ils passent transitionnellement à des quartzites arkosiques. Granites et granophyres, qui représentent la dernière phase de mise en place du Bushveld, intrudent ces roches (Fig. 2).

Il existe, par ailleurs, des flots de quartzites bréchiques intercalés entre la portion basique et les roches granitiques. Leur présence pose encore bien des problèmes et a donné lieu à des explications très variées. Il est vraisemblable - et cette interprétation

semble avoir été retenue par de nombreux auteurs - que le Bushveld soit un vaste sill introduit dans l'épaisse série sédimentaire de Pretoria. La mise en place des roches basiques aurait, dans cette hypothèse, rompu la continuité lithologique de cette série, en soulevant une partie des terrains sédimentaires et volcano-sédimentaires qui constituent, aujourd'hui, le toit de l'appareil, (ce processus de décollement ayant d'ailleurs pu se poursuivre au cours de la phase granitique). Les granites, indubitablement intrusifs dans la partie supérieure de l'ensemble basique et dans son toit, auraient, quant à eux, provoqué l'isolement de copeaux sédimentaires (Fig. 2) tels ceux mentionnés plus haut.

## B. ANATOMIE ET STRUCTURE.

L'appareil du Bushveld présente la forme d'une cuvette à grand rayon de courbure et légèrement déprimée en son centre : sa longueur est environ de 500 Km, sa largeur de 150 Km et son épaisseur (y compris les roches sédimentaires qui coiffent l'appareil) de 10 à 12.000 mètres.

Le Bushveld est remarquable par la continuité des différentes unités pétrographiques qui le composent. Nous les résumerons ici à l'extrême.

### - L'ensemble basique

On distingue classiquement quatre zones dans cet ensemble. La composition (ainsi que l'épaisseur) de ces différentes zones peut varier latéralement (mais à grande échelle) de façon sensible. Il est, cependant, parfaitement possible d'en dégager les caractéristiques principales (cf Fig. 2)

#### - la zone basale .

. Cette zone est formée de pyroxénites (bronzitites) ou de harzburgites (région de Burgersfort). Ces roches ultrabasiques sont parfois feldspathiques et présentent généralement, au contact des roches du plancher, une bordure figée. Dans la majorité des cas le rubanement de la zone basale est en parfaite harmonie avec la stratification des roches sédimentaires sous-jacentes.

- La zône de transition .

.Elle comprend des orthopyroxénites (et, par endroit, des harzburgites) surmontées par une série formée de norites à intercalations pyroxénitiques et d'anorthosites.

- la zone critique .

.Cette zône présente une différenciation extrêmement accusée (Coertze et Schumann 1962). Elle comprend des anorthosites à diallage, des norites et des pyroxénites porphyritiques. L'horizon platinifère (Merensky reef) se place dans un des niveaux de ces dernières (Fig. 2). Cette zône, ainsi que la zône de transition à laquelle elle succède, présente de très nombreux niveaux de chromite d'une parfaite continuité (mine de Steelport, Lydenburg...).

- la zône principale .

.Elle est constituée de norites et d'une épaisse série de gabbros, parfois riches en olivine (Magnet heights). Cette zône présente un faible degré de différenciation et comporte plusieurs niveaux de titano-magnétite vanadifère (cliché n° 7)

- la zône granitique

Cette zône, dont l'épaisseur est approximativement de 4.000 m, coiffe l'ensemble basique ; elle est composée de granites et de granophyres. Comme il a été dit précédemment, ces roches sont intrusives dans les gabbros et les norites de la zône principale ainsi que dans les roches sédimentaires qui forment le toit de l'appareil (région de Rooiberg par exemple). La phase granitique introduit donc une rupture dans la continuité lithologique.

Il est possible, comme certains auteurs l'ont envisagé, que les quartzites arkosiques, qui assurent le passage entre les granophyres et les quartzites du toit, résultent d'une feldspathisation progressive de ces dernières, consécutivement à l'intrusion du magma granitique. Cette hypothèse est néanmoins controversée.

### C. LES PIPES DISCORDANTS SUR LA STRUCTURE D'ENSEMBLE

Les roches basiques et ultrabasiques ainsi que la magnétite peuvent se présenter en pipes intrusifs dans les roches ignées du

Bushveld. Ces pipes sont généralement de petite taille et s'observent exclusivement dans la portion basique de l'appareil.

- Des cheminées d'anorthosites pegmatitiques à phénocristaux de diallage recourent les roches de la zone critique (cela est bien visible dans les galeries de la mine de Rustenburg et dans la vallée de Steelpoort par exemple). Elles sont généralement ceinturées (cliché n° 9) par une formation bréchique constituée d'éléments polygéniques empruntés aux zones inférieures de l'appareil (zone basale et zone de transition).

- Les pipes de dunites et de harzburgites sont beaucoup plus fréquents que les pipes anorthositiques ; ils s'observent principalement dans la zone de transition.

Les cheminées harzburgitiques présentent parfois un manchon de diallagites. Elles sont de forme elliptique et intrudent les roches ultrabasiques et norites de la zone de transition. C'est notamment le cas du pipe harzburgitique de Vlakfontein (Fig. 3) situé sur la bordure occidentale du Bushveld. Les pipes harzburgitiques pénètrent parfois légèrement les quartzites du plancher.

Les pipes dunitiques (pipes de Mooihoek et de Onverwacht par exemple) présentent avec les cheminées harzburgitiques de nombreux caractères communs : ils sont riches en sulfures et, comme elles, ont remplacé les roches ignées encaissantes (Cameron et Desborough 1964), dont le rubanement peut subsister à l'intérieur des corps intrusifs. En outre les pipes dunitiques sont platinifères et formés d'un péridot plus riche en fer (hortonolite) que celui entrant dans la composition des roches ultrabasiques de la zone basale et de la zone de transition.

Ces pipes démontrent - et cette idée semble maintenant bien admise - que certaines phases magmatiques ont continué à demeurer "mobiles" après que la consolidation d'une partie importante des roches de l'ensemble basique se soit opérée.

- Un chapelet très clairsemé de pipes de titanomagnétite jalonne les grands accidents (Steelpoort fault par exemple) de l'appareil. La discordance angulaire existant entre ces pipes et le rubanement des roches encaissantes, est toujours très grande. Ces pipes de titanomagnétite sont vanadifères et cuprifères (exemple : pipe de magnétite de

de Kennedy's vale dans la vallée de Steelport).

Les corps de carbonatites sont également intrusifs mais beaucoup plus récents que les pipes décrits plus haut : ils pénètrent en effet les granites, les quartzites du toit ainsi que les séries de Waterberg. Ils sont constitués de zones concentriques (ainsi le Pilanesberg) de syénites dont certaines sont néphéliniques (foyaïte et tinguaité). Ces roches renferment, outre les minéraux primordiaux, de la phlogopite, de l'apatite, du cuivre et parfois de la fluorine.

#### D. METALLOGENIE

Le Bushveld est, pour une grande part, à l'origine de la prospérité minière de l'Afrique du Sud. Il existe encore des réserves considérables de chrome, platine et vanadium pour ne citer que les métaux les plus importants de tous ceux présents dans l'appareil. Nous les décrirons ici brièvement ; pour des informations complémentaires on se reportera à l'ouvrage consacré par Haughton (1964) à la description des dépôts minéralisés sud-africains.

##### - Les sulfures de nickel, cobalt, cuivre et fer

Les sulfures (pentlandite, pyrrhotine et chalcopyrite essentiellement) s'observent dans des niveaux privilégiés de l'appareil ; ils ne sont cependant pas limités à une zone déterminée.

. zone basale et zone de transition : les sulfures sont présents à l'état disséminé, dans quelques niveaux ultrabasiques, en particulier dans les harzburgites de la zone basale (région de Burgersfort par exemple).

. zone critique : les sulfures imprègnent le niveau pyroxénitique formant le Merensky reef. La chalcopyrite prédomine.

. zone principale : les sulfures s'observent parfois dans les norites et, en particulier, celles dans lesquelles sont interstratifiées les couches de titano-magnétite (Magnet heights).

On trouve également des sulfures métalliques dans les pipes dunitiques (Onverwatch) et harzburgitiques (Vlakfontein)

Ils ne sont pas actuellement exploités.

- Platine et palladium : sont associés aux sulfures dans le Merensky reef (clichés n° 4 et 5). Rappelons ici que l'horizon Merensky est un niveau de pyroxénite. Son épaisseur est en moyenne de 1,20 m et il a été reconnu sur plusieurs centaines de kilomètres. La teneur en platine de cet horizon varie entre 8 et 20  $\mu\text{g/g}$ . Le platine est également présent (cf Wagner : platinum ores in South Africa) dans les pipes dunitiques de la portion orientale du Bushveld.

Le revenu annuel net provenant de la vente du platine est actuellement de quatorze milliards.

- Le chrome : l'Afrique du sud doit à l'extraordinaire richesse du Bushveld en niveaux chromitiques le fait d'être le second producteur mondial de chrome. Ces niveaux sont intercalés dans les pyroxénites de la zone de transition et dans les anorthosites de la zone critique. Leur épaisseur peut varier entre quelques centimètres et plusieurs mètres ; ils sont d'une remarquable continuité (clichés n° 2 et 3)

Il est vraisemblable que les niveaux de chromite se soient formés par ségrégation magmatique : des figures "sédimentaires" (cross bedding, graded bedding) témoignent d'une "chute" des cristaux de chromite dans un milieu qui devait cependant présenter une certaine turbulence.

Les réserves totales en chrome du Bushveld ont été estimées en 1962 à 2.200 millions de tonnes. Ce chiffre est très vraisemblablement, largement inférieur aux réserves réelles.

- La titano-magnétite

Les pipes et niveaux de titano-magnétite sont vanadifères (1,8 à 2% de vanadium) et parfois cuprifères. D'immenses réserves de vanadium ont ainsi été reconnues dans le Bushveld. Leur exploitation a été entreprise il y a quelques années et l'Afrique du Sud est actuellement (avec une production totale de 3.000 T métal par an) le second producteur mondial de vanadium.

- L'étain

L'étain forme des gites d'imprégnation dans la partie sommitale de la zone granitique et dans le toit sédimentaire de l'appareil (gite de Rooiberg par exemple). A la cassitérite sont associées la chalcopyrite et la scheelite, cette dernière pouvant être d'ailleurs localement, largement prédominante.

- La magnésite est présente dans les niveaux harzburgitiques de la zone basale. L'Afrique du Sud produit actuellement 4.000 tonnes par an de magnésite.

- L'asbeste (variété amosite) s'observe exclusivement dans le plancher de l'appareil et semble être liée à des sills diabasiques interstratifiés dans les quartzites.

La production annuelle d'asbeste est de 86.000 tonnes pour la seule mine d'amosite de Penge située sur la bordure orientale du Bushveld.

- La fluorine a été décelée il y a quelques années au contact des dykes de carbonatites.

II - LE GRAND DYKE DE RHODESIE

Le grand dyke est un appareil de forme allongée, encaissé dans les granites archéens et comblant un étroit fossé d'effondrement, de direction NNE/SSO, qui prolonge vers le Sud la grande zone de fracture de l'Est Africain (Fig.1). Il présente, comme le Bushveld, la forme d'un lopolithe mais ne revêt pas le caractère particulièrement spectaculaire qui a contribué à la renommée de ce dernier.

Le grand dyke est formé d'une zone basale de composition ultrabasique et d'une zone supérieure essentiellement gabbroïque, toutes deux affectant la forme d'une cuvette déprimée en son centre.

- La zone basale est constituée d'une alternance de niveaux pyroxénitiques (enstatitites) et harzburgitiques (clichés n° 10 et 11). Quelques niveaux de chromite sont insérés dans cette zone ; ils ne présentent

cependant pas la même fréquence ni la parfaite continuité de ceux du Bushveld. Le plagioclase puis le clinopyroxène n'apparaissent que dans le niveau de pyroxénites qui se trouve au sommet de cette zone ultrabasique. Le passage de la zone basale aux gabbros de la zone supérieure est ainsi assuré transitionnellement.

- La zone supérieure est constituée d'anorthosites et de gabbros dont la tendance noritique s'accuse insensiblement de bas en haut. Ces gabbros sont coiffés de gabbros quartziques qui forment, en outre, dans les granites encaissants, de petites cheminées, satellites du dyke principal.

Des granodiorites injectent les roches ultrabasiques et basiques de l'appareil. Elles représentent le dernier épisode magmatique mais leur volume, reporté à la masse de ces dernières, est faible.

Cet examen très sommaire nous permet d'établir un bilan des distinctions existant entre le Bushveld et le grand dyke de Rhodésie.

- Le grand dyke présente une dominante ultrabasique beaucoup plus accusée. La phase granitique n'est ici qu'esquissée.

- Il est de composition relativement simple. Le degré de différenciation verticale apparaît comme étant beaucoup plus faible que celui du Bushveld.

- Cet appareil n'offre que des indices métallogéniques de moindre intérêt. On retrouve dans le grand dyke quelques uns des niveaux minéralisés du Bushveld et notamment l'équivalent du Merensky reef. Mais les métaux (en particulier le platine) sont ici à des teneurs beaucoup plus faibles. D'autres, comme le vanadium et l'étain, font totalement défaut.

- Le grand dyke s'est formé il y a 2600 millions d'années donc antérieurement au Bushveld (mise en place présumée aux alentours de 1900 millions d'années).

Mais le grand dyke et le Bushveld offrent une grande similitude anatomique et forment avec les petits appareils de Trompsburg et de Vredefort (Fig.1) situés au sud de ce dernier une zone linéamentaire qui prolonge vers le sud les rifts-valleys de l'est africain. Il se dessine donc une longue zone instable qui est localisée - au moins dans sa

partie septentrionale - dans la ceinture affectée par la "Mozambic Orogeny" (Vail 1964) et se moulant au sud et à l'est, sur les deux "nuclei" cratoniques du Kalahari et du Congo (Clifford 1962-1964). Les différentes émissions magmatiques qui seraient à l'origine du matériel formant les appareils d'Afrique australe se sont vraisemblablement produites à la faveur de cette déchirure du socle. Mais on doit admettre que les bains successifs devenaient plus riches en silice et que la dernière phase, de composition granitique, a connu le long de cette zone, un développement inégal expliquant ainsi les différences anatomiques existant entre ces différents appareils.

Cette hypothèse, bien que non entièrement satisfaisante demeure, plus que toutes autres, compatible avec l'ensemble des faits collectés à ce jour. Le congrès de Pretoria, dont nous avons retracé la physionomie, peut donc apparaître comme non révolutionnaire. Abandonnant les schémas transformistes les géologues et géophysiciens semblent en effet vouloir renouer avec des conceptions plus classiques. Il est clair que depuis dix ans on a multiplié les études de détail et utilisé de nouvelles méthodes d'investigation pour chercher à préciser, autant qu'il est possible, la suite des phénomènes à l'origine des appareils stratifiés des vieux socles et des appareils de type alpin qui demeurent les seules manifestations accessibles des zones profondes du globe terrestre.

- B I B L I O G R A P H I E -

CAMERON, E.N. et DESBOROUGH, G.A. (1964)

Origin of certain magnetite-bearing pegmatites in the eastern part of the Bushveld Complex, South Africa.  
Econ. Geol., 59, pp. 197-225.

CLIFFORD, T. (1962)

The Damaran Episode of tectono-thermal activity in South West Africa and its regional significance in Southern Africa.  
7<sup>th</sup> Ann. Report on Sc. Results, Leeds (1963)

CLIFFORD, T. (1964)

The upper Preozoic-Lower Paleozoic structural units and métallogenetic provinces of Southern Africa.  
8<sup>th</sup> Ann. Report on Sc. Results Leeds (1964)

COERTZE, F.J. et SCHUMANN, F.W. (1962)

The basic portion and associated minerals of the Bushveld Igneous Complex North of Pilanesberg.  
Department of Mines. Bull. n° 38, Pretoria.

HAUGHTON, S.H. (1964)

The geology of some ore deposits in Southern Africa.  
2 vol. , Johannesburg.

NICOLAYSEN. L.O. et BURGER A.J. (1964)

Note on an extensive zone of 1000 million - year old métamorphic and igneous rocks in southern Africa.  
Sc de la terre, T. X , n° 3 - 4, pp 497 - 518

VAIL, J.R. (1964)

The Mozambic belt of Eastern Africa  
8<sup>th</sup> Ann. Report on Sc. Results. Leeds (1964)

VAN. BILJON, S. (1949)

The transformation of the Pretoria Series in the Bushveld Complex. Trans. Geol. Soc. S. Afr., 52.

VERMAARK.

Geological map of west area of Pilanesberg. (sous presse).

VON. GRUENEWALD, G. (1969)

Excursion guide to the eastern and western part of the Bushveld. 12<sup>th</sup> Annual congress. Pretoria. July 1969.

WAGNER, P.A. (?)

Platinum ores in South-west Africa. Pretoria.

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

- FIG. 1 : Mise en place géographique  
FIG. 2 : Le complexe du Bushweld. Colonne synthétique.  
FIG. 3 : Le pipe harzburgitique de Vlakfontein
- 

- Cliché n° 1 Zône basale du Bushweld : alternance de harzburgites et de niveaux pyroxenolitiques qui forment le chapelet de petites collines (partie centrale du cliché)  
Portion est (région de Burgersfort)
- Clichés n° 2 et 3 Niveaux de chromite dans les anorthosites de la zône critique.  
Portion est (Dwars River).
- Clichés n° 4 et 5 Merensky reef : niveau de pyroxénite imprégné de sulfures et de platine, encaissé dans les anorthosites de la zône critique  
Portion ouest (région de Northam).
- Cliché n° 6 Niveaux de chromite dans les anorthosites de la zône de transition. Portion Ouest (Northam).
- Cliché n° 7 Les granites (  ) sont intrusifs dans les gabbros de la zône principale. On distingue ici un niveau de titanomagnétite interstratifié dans les gabbros.  
Portion est (Magnet heights)
- Cliché n° 8 Affleurement de gabbros de la zône principale  
Portion ouest (crocodile River)
- Cliché n° 9 Cheminée d'anorthosite à diallage (a) entourée par une brèche magmatique polygénique : éléments de pyroxénites (p) et de norites (n) notamment. Portion est (Tweefontein farm).
- Cliché n° 10 Grand Dyke de Rhodésie : zône basale (harzburgites et pyroxénites).
- Cliché n° 11 Grand Dyke de Rhodésie : à gauche du cliché contact occidental du Dyke ; u : limite de la zône basale et des gabbros (g) ; l : rubanement dans la zône ultrabasique.

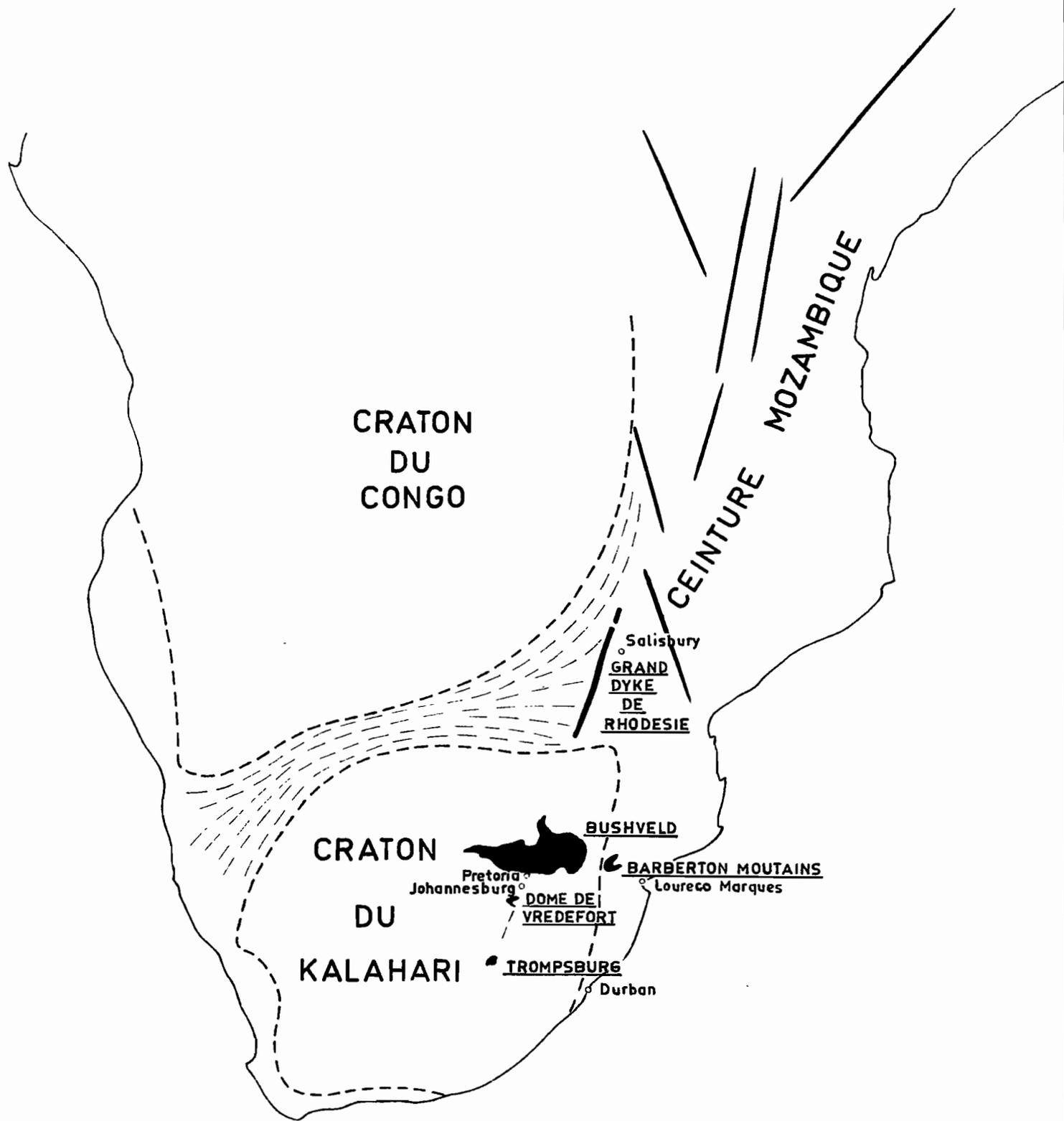


FIG. 1

MISE EN PLACE GEOGRAPHIQUE

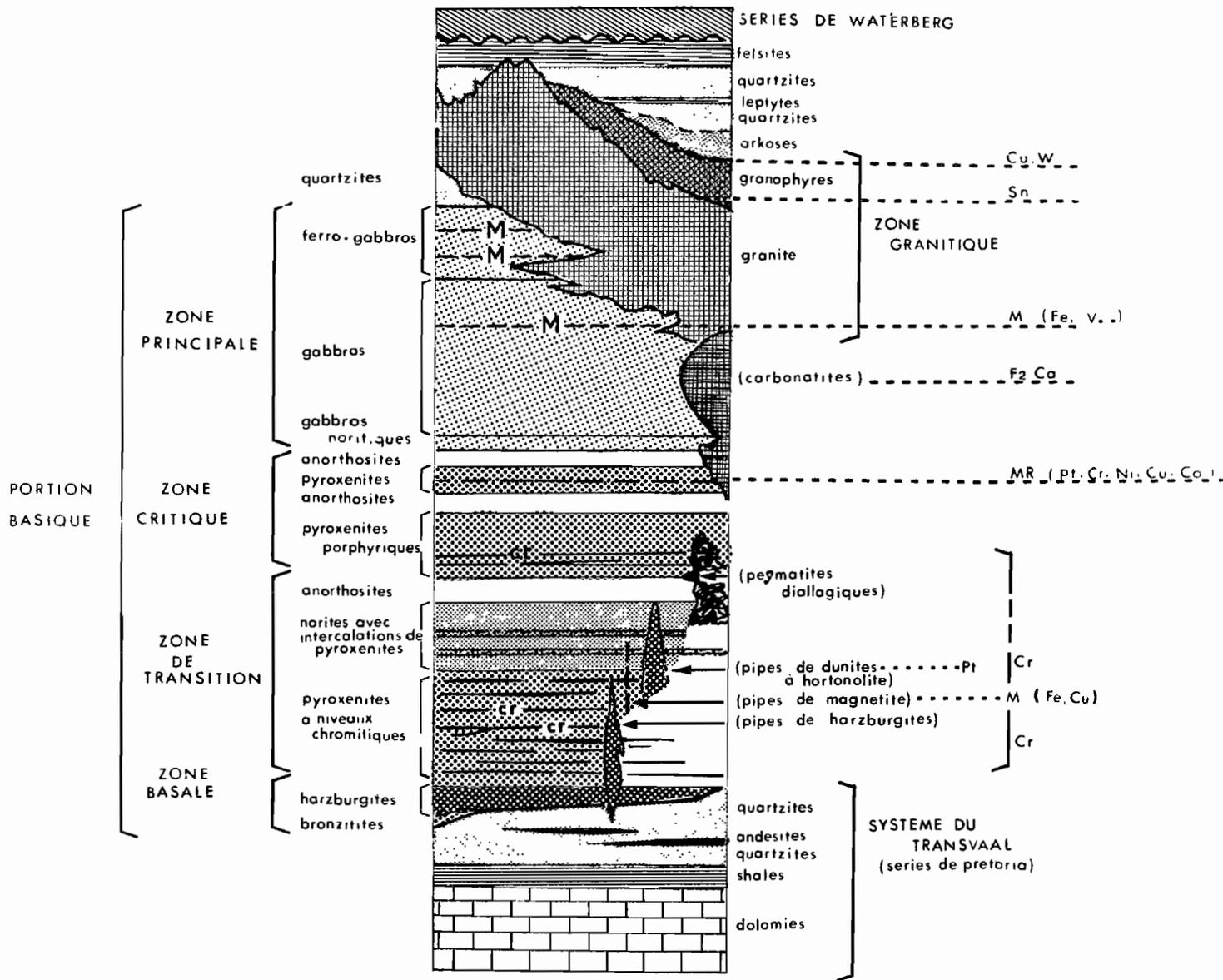
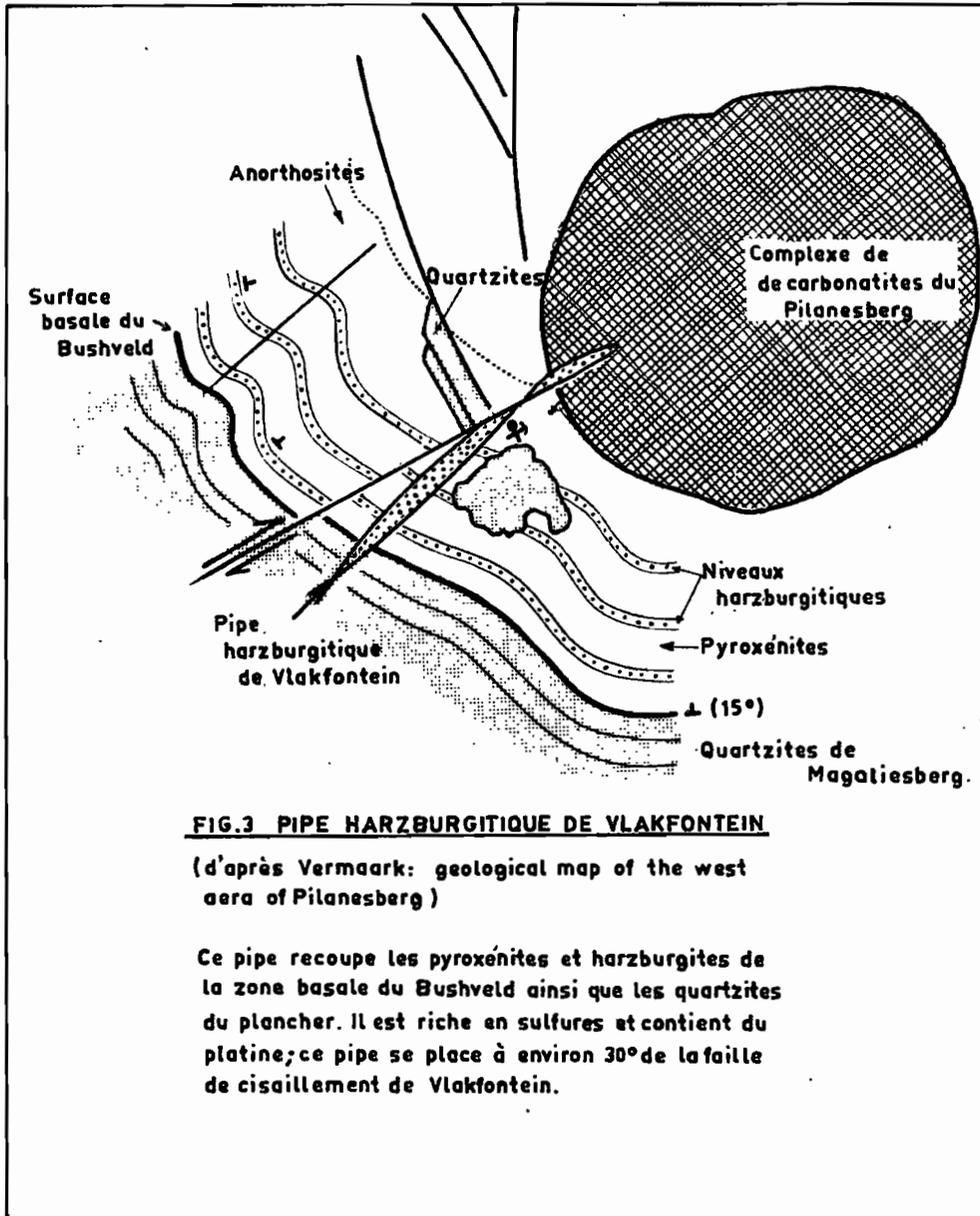


Fig.2 LE COMPLEXE DU BUSHVELD. COLONNE SYNTHETIQUE

cr: niveaux chromitiques; MR: merensky reef; M: horizons de magnétite.



**FIG.3 PIPE HARZBURGITIQUE DE VLAKFONTEIN**

(d'après Vermaak: geological map of the west area of Pilanesberg)

Ce pipe recoupe les pyroxénites et harzburgites de la zone basale du Bushveld ainsi que les quartzites du plancher. Il est riche en sulfures et contient du platine; ce pipe se place à environ 30° de la faille de cisaillement de Vlakfontein.