

Sonderdruck

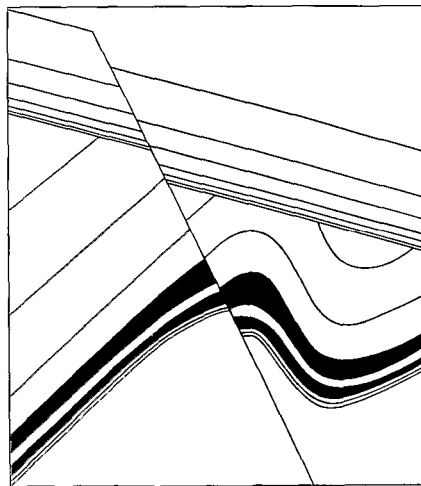
aus

Geologische Rundschau

Band 81, 1992 · Heft 3, Dezember 1992

C. CENSIER ET J. LANG

**La Formation glaciaire de la Mambéré (République
Centrafricaine): Reconstitution paléogéographique et implications à
l'échelle du Paléozoïque africain.**



Ferdinand Enke Verlag · Stuttgart

Geologische Rundschau 81/3

769-789

Stuttgart 1992

© Geologische Vereinigung, Mendig

Fonds Documentaire IRD



010025771

Fonds Documentaire IRD

Cote: Bx 25771 Ex: unique

La Formation glaciaire de la Mambéré (République Centrafricaine): Reconstitution paléogéographique et implications à l'échelle du Paléozoïque africain.

Par CLAUDE CENSIER, Bangui et JACQUES LANG, Dijon^{*)}

Avec 15 figures, 2 tableaux et 1 planche

Zusammenfassung

Die Mambéré Formation bildet eine horizontale Einheit, die im westlichen und südwestlichen Teil der Zentral-Afrikanischen Republik liegt. Stratigraphische und sedimentologische Untersuchungen liefern gute Argumente für einen glazialen Ursprung dieser Ablagerungen. Es wurde eine paläogeographische Rekonstruktion skizziert um ein präzises Alter für diese Formation zu erhalten. Bei der Bearbeitung konnten zwei Hauptkategorien von glazialen Ablagerungen festgestellt werden:

- glaziogene Ablagerungen mit basalem Geschiebelehm (mit gestriemten Geröllen) und Fließerden (mit abgeplatteten groben Geröllen).
- aufgearbeitete glaziale Ablagerungen gebildet aus Sandsteinen und konglomeratischen Sandsteinen in durchlaufenden Bänken, Linsen oder isolierten Blöcken, zusammen mit Siltsteinen und geschichteten Sandsteinen.

Die südliche Herkunft des detritischen Materials konnte durch Quarzkornoberflächen- und Schwermineral-Analyse nachgewiesen werden. Das Material entstammt hauptsächlich dem Abschleifen der präkambrischen kristallinen Quarzitschiefer-Komplexe, sowie sekundär von granitischen Gneiss-Komplexen.

In Abhängigkeit von den paläomagnetischen Polpfaden und der Wanderung der glazialen Zentren über den afrikanischen Kontinent während des Paläozoikums, wird der Mambéré Formation, beim

Vergleich mit ähnlichen Formationen in Kamerun, entweder ein untersilurisches Alter zugeordnet, oder beim Vergleich mit den glazialen Formationen aus dem Niger und Ägypten ein unterkarbonisches Alter.

Abstract

The Mambéré Formation constitutes a horizontal unit located in the western and southwestern part of the Central African Republic. Stratigraphical and sedimentological study provides strong argument to attribute these deposits a glacial origin. A palaeogeographical reconstruction has been outlined in order to precise the age of the formation. Two main categories of glacial deposits have been recognized:

- glaciogenic deposits made of basal tills (with faceted pebbles) and flow tills (with flattened blunt pebbles);
- reworked glacial deposits formed of sandstones and conglomeratic sandstones, in continuous beds, lenses or isolated blocks, together with siltstones and bedded sandstones.

The southerly provenance of the detrital material is demonstrated by quartz grain surface analysis and heavy-mineral study. This material results essentially from the dismantling of the Precambrian Schisto-quartzitic Complex and secondarily from the Granitogneissic Complex.

According to the palaeomagnetic polar paths and the migration of the glacial centers over the African conti-

^{*)} Authors' addresses: C. CENSIER, Faculté des Sciences, Université de Bangui et Centre Orstom, BP 893, Bangui (République Centrafricaine) and J. LANG, Centre des Sciences de la Terre et Unité Associée 157 du CNRS, Université de Bourgogne, 6, boulevard Gabriel 21100, Dijon, France.

ment during the Palaeozoic, the Mambéré Formation may be attributed a Lower Silurian age by reference to similar formations observed in Cameroon or a Lower Carboniferous age by comparison with the glacial formations reported from Niger and Egypt.

Résumé

L'analyse stratigraphique et sédimentologique de la Formation de la Mambéré, unité horizontale située dans l'Ouest et le Sud-Ouest de la République Centrafricaine, a apporté des arguments en faveur de l'origine glaciaire des dépôts; une reconstitution paléogéographique a été esquissée en vue de préciser l'âge de la formation. Deux grandes catégories de dépôts glaciaires ont été identifiées:

– des tillites de fond (à galets polyédriques) et d'écoulement (à galets aplatis et usés) constituent les dépôts glaciogéniques.

– des grès et des grès conglomératiques, en bancs continus, en lentilles ou en blocs erratiques, des argilo-siltites et des grès lités (rythmites) représentent les principaux dépôts glaciaires de remaniement.

L'origine méridionale du matériel détritique est démontrée par l'analyse exoscopique des quartz et l'étude des minéraux lourds. Ce matériel provient essentiellement du démantèlement du Complexe Schisto-quartzitique précambrien, et accessoirement du Complexe Granito-gneissique.

D'après les trajectoires du pôle Sud magnétique et la migration des centres glaciaires sur le continent africain au cours du Paléozoïque, la Formation Glaciaire de la Mambéré a soit un âge silurien inférieur, si on se réfère à des formations comparables observées au Cameroun, soit un âge carbonifère inférieur si on fait un rapprochement avec les formations glaciaires connues au Niger et en Egypte.

Краткое содержание

Формация Мамбере образует некую горизонтально простирающуюся стратиграфическую единицу, и находится в западной и юго-западной части Центрально-Африканской республики. С помощью стратиграфических и седиментологических методов исследования получили данные, говорящие в пользу ледникового происхождения этих отложений. Начерчена палеогеографическая реконструкция региона, по которой постарались определить точный возраст этой формации. При обра-

ботке данных установили две основные категории ледниковых отложений:

а/ Ледниковые отложения с валунными суглинками у базиса с галькой, отмеченной полосами (и оползающим грунтом) с уплощенной грубой галькой. б/ Переработанные ледниковые отложения, состоящие из песчаников и конгломератового песчаника в банках, линзах, или отдельных блоках, наряду с алевролитами и слоистым песчаником.

Исследования поверхности кварцевых зерен и анализ на тяжелые минералы доказали, что область сноса детритного материала находится на южной части ЦАР. Этот материал образовался гл. обр. из докембрийских кристаллических комплексов кварца-сланца и вторичных гранитных гнейсовых комплексов в результате физико-химических процессов разрушения. Учитывая данные палеомагнитных исследований и перемещение центров оледенения на африканском материке в палеозое, формацию Мамбере можно отнести при сравнении с подобными формациями в Камеруне к нижнему силуру, а при сравнении с ледниковой формацией Нигера и Египта – к нижнему карбону.

I. Introduction

Dans l'Ouest et le Sud-Ouest de la République Centrafricaine (RCA), pays où les observations sont rendues difficiles par une végétation dense, la Formation Glaciaire de la Mambéré (fig. 1) représente une unité horizontale grés-conglomératique reposant en discordance angulaire sur les formations précambriennes; elle est recouverte par la Formation de Carnot, formation fluviale à dominante gréseuse, d'âge crétacé moyen à supérieur, dont elle est séparée par une lacune stratigraphique (CENSIER, 1989).

Identifiée par J. Delorme, en 1953, dans le bassin de la Bolé et de la Mangala (fig. 2), la Formation Glaciaire de la Mambéré fut ensuite reconnue dans les bassins de la Lopo (fig. 2), de la Ngoéré et de la Ouabembé (fig. 3) (BERTHOUMIEUX & DELANY, 1956 et 1957), et enfin, de façon sporadique, dans le lit de la Mambéré lors des prospections réalisées par les sociétés minières entre 1957 et 1960 (in: MESTRAUD, 1982).

En l'absence de fossiles, c'est à partir d'arguments lithologiques que DELANY & DELORME (1956) ont établi une corrélation entre cette série glaciaire et la «série

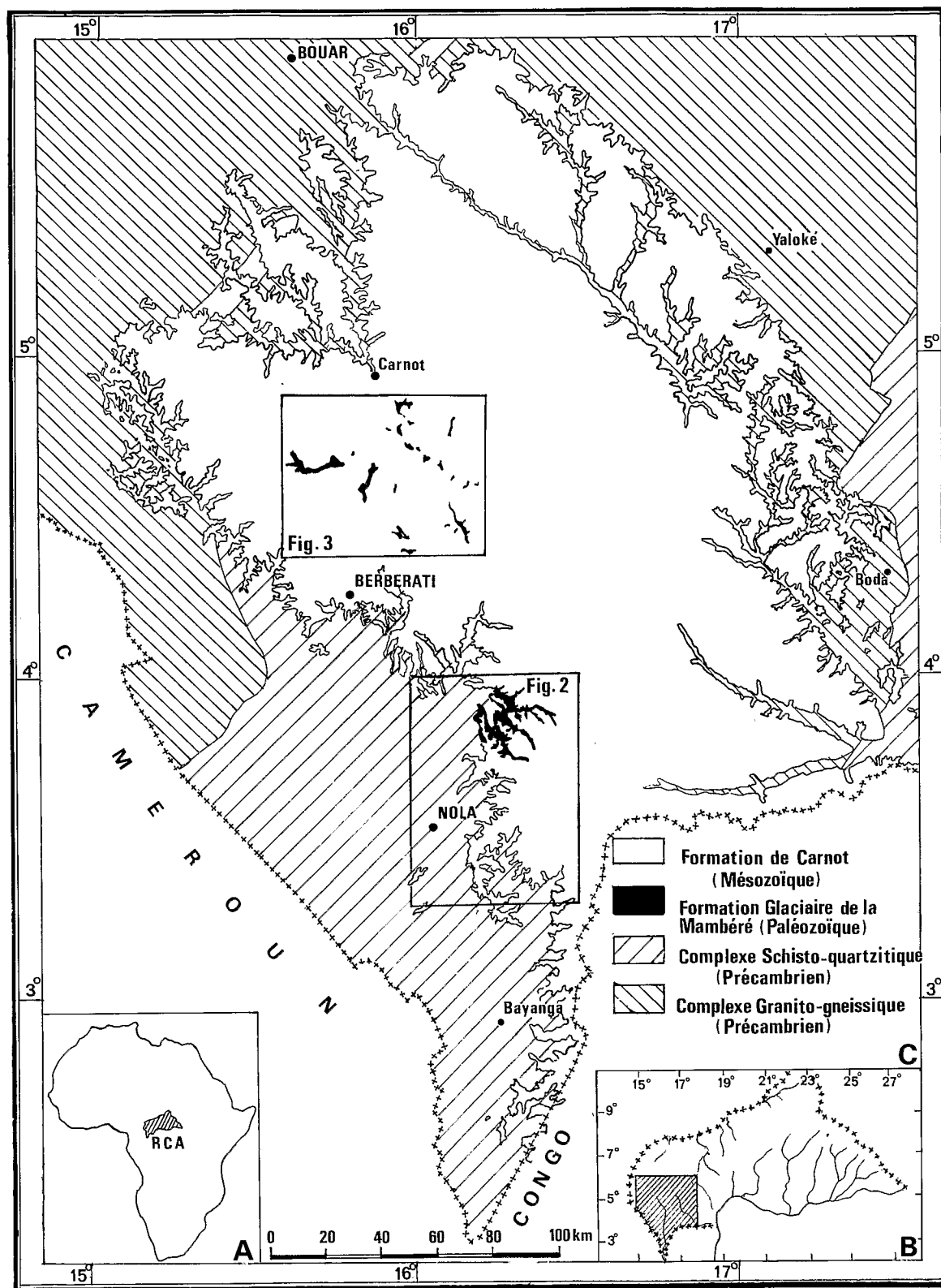


Fig. 1. Cadre géologique de la Formation Glaciaire de la Mambéré. A et B: Situation du secteur d'étude. C: Localisation des affleurements de la Formation Glaciaire de la Mambéré.

de la Lukuga», formations glaciaires du Katanga et des régions zaïroises voisines auxquelles est attribué un âge permo-carbonifère (BOUTAKOFF, 1948). Depuis, aucun travail systématique n'a été entrepris.

L'objectif de cette étude est une analyse lithostratigraphique et sédimentologique des principaux faciès de la formation afin d'en confirmer l'origine glaciaire et de discuter sa place dans le temps et dans l'espace au cours de l'histoire paléozoïque de l'Afrique.

II. Lithostratigraphie de la Formation Glaciaire de la Mambéré.

La Formation Glaciaire de la Mambéré n'est accessible que lorsque les rivières ont complètement entaillé la Formation de Carnot sus-jacente (fig. 1). Elle est le plus souvent repérable au niveau des exploitations diamantifères alluvionnaires résultant du démantèlement de la Formation de Carnot et dont elle constitue le soubassement.

DEYNOUX (1980) subdivise les dépôts glaciaires en deux grandes catégories:

– les dépôts glaciogéniques: ce sont des sédiments transportés, puis déposés par un glacier actif, ou libérés par la fonte de la glace et qui ont pu subir, postérieurement à leur dépôt, des déformations, mais aucun remaniement important. Ils correspondent à des sédiments hétérométriques non stratifiés (tillites). Ils dominent dans le secteur méridional (fig. 2).

– les dépôts glaciaires de remaniement: ils correspondent à tous les sédiments transportés primitivement par la glace mais qui ont été repris ultérieurement par un autre agent de transport, essentiellement l'eau ou le vent, avant de se déposer sur le continent ou en mer.

Parmi ceux-ci, les dépôts proximaux sont caractéristiques de la zone en contact avec la glace («ice contact zone»). Ils se sont déposés sur, sous ou contre le glacier; ils représentent le premier stade de remaniement des dépôts torrentiels, fluviaux, lacustres, marins ou éoliens; leur sédimentation a lieu sous l'influence d'un glacier proche – «proglacial environment» (FLINT, 1971).

Les dépôts glaciaires de remaniement correspondent à des sédiments très généralement stratifiés. Ce sont les plus fréquents dans le secteur septentrional.

Quatre coupes lithostratigraphiques résument les principales caractéristiques de la Formation Glaciaire de la Mambéré.

1°. La coupe de la Mandrangoé, dans le bassin de la Bolé (fig. 2 et 4), permet d'observer la succession

de dépôts glaciogéniques et glaciaires de remaniement.

2°. La coupe de la Babili (fig. 2 et 5) représente une coupe de référence complémentaire de la précédente; elle permet l'observation de faciès qui ne se rencontrent pas au niveau de la Mandrangoé: grès fins à structure laminée, et blocs erratiques de grès et de grès conglomératiques.

3°. La coupe de la Lamba (fig. 2 et 6) représente une seconde coupe de référence complémentaire de l'holostratotype. L'alternance de dépôts glaciogéniques avec des dépôts glaciaires de remaniement témoigne de phases d'avancée et de retrait du glacier.

4°. A la colline du Ndem (fig. 3), où la formation est visible en permanence, plusieurs affleurements permettent l'observation de faciès argilo-silteux et aréno-silteux, c'est à dire de dépôts glaciaires de remaniement.

III. Analyse sédimentologique des principaux faciès.

Le but de cette étude est d'apporter les arguments pour démontrer l'origine glaciaire des sédiments.

1. Les dépôts glaciogéniques.

a. Macrofaciès.

Dans le secteur méridional, les tillites succèdent à des dépôts de remaniement, sauf celles de la Babili (fig. 5) qui reposent sur un socle schisteux.

Les tillites de la Mandrangoé, de la Bolé et de la Makoumba (fig. 4) possèdent une matrice argileuse rougeâtre abondante. Les galets polyédriques de moins de 10 cm de longueur sont dominants (ph. 1).

Au sommet de la coupe du bassin de la Bolé (fig. 4), des blocs tillitiques d'un type différent des précédents ont été observés. Il s'agit d'une argilo-siltite microconglomératique à blocs altérés blanchâtres, parcourue de joints millimétriques silicifiés orientés dans tous les sens. Ce faciès rappelle les «grès cloisonnés» décrits par BEUF & al (1971); ces auteurs considèrent que c'est l'action du gel qui est à l'origine de craquelures secondairement remplies de sable et silicifiées. C'est en accord avec cette interprétation que ces roches sont appelées tillites géolifracées.

Les tillites de la Lamba (fig. 6) se différencient des précédentes avec des blocs et des galets généralement émoussés, de forme aplatie, atteignant jusqu'à 20/30 cm de longueur et représentant jusqu'à 80% de la roche (ph. 2).

Les quelques faciès tillitiques observés dans le secteur septentrional possèdent également des galets de

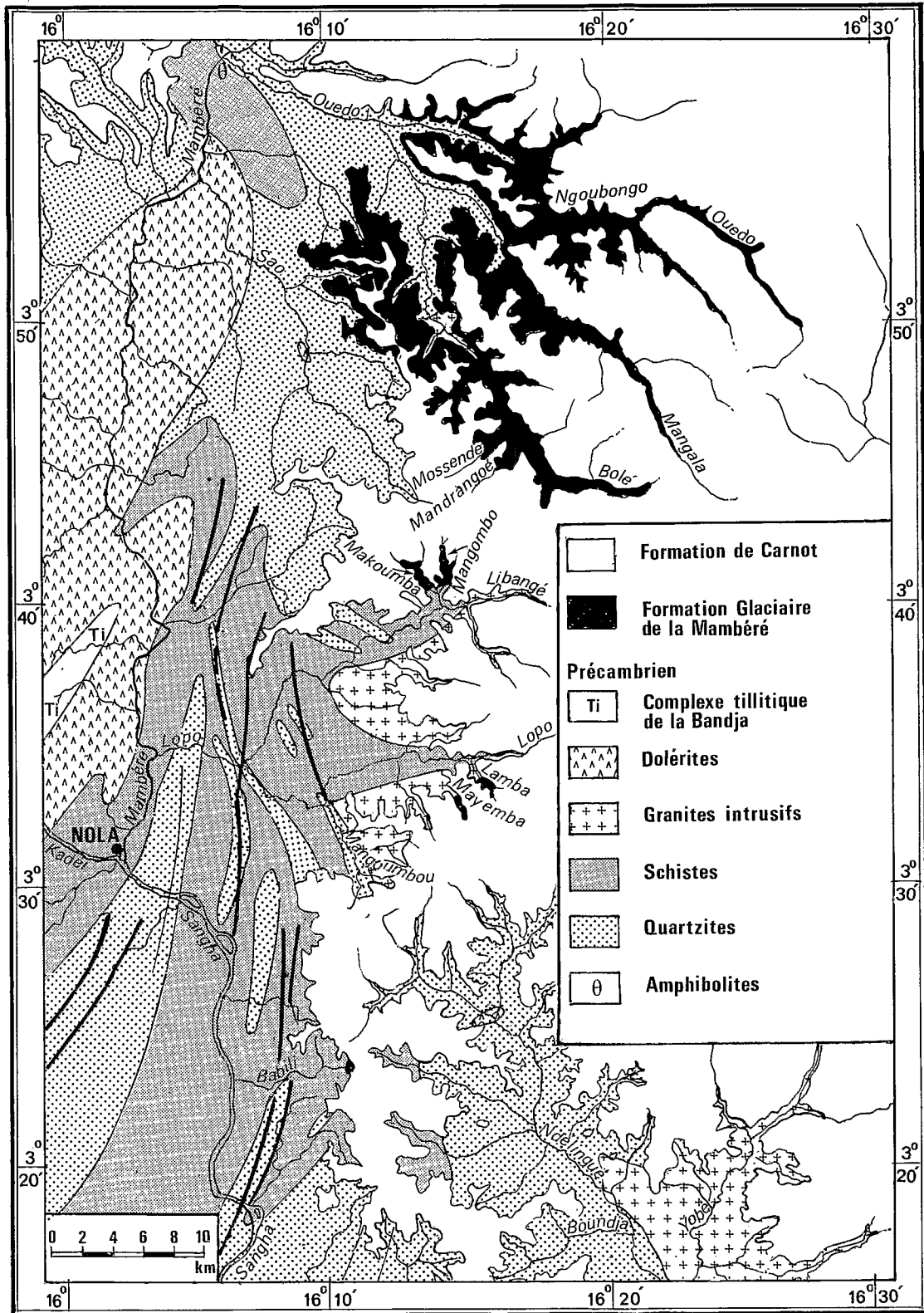


Fig. 2. Formation Glaciaire de la Mambéré: secteur méridional (voir localisation sur la figure 1C).

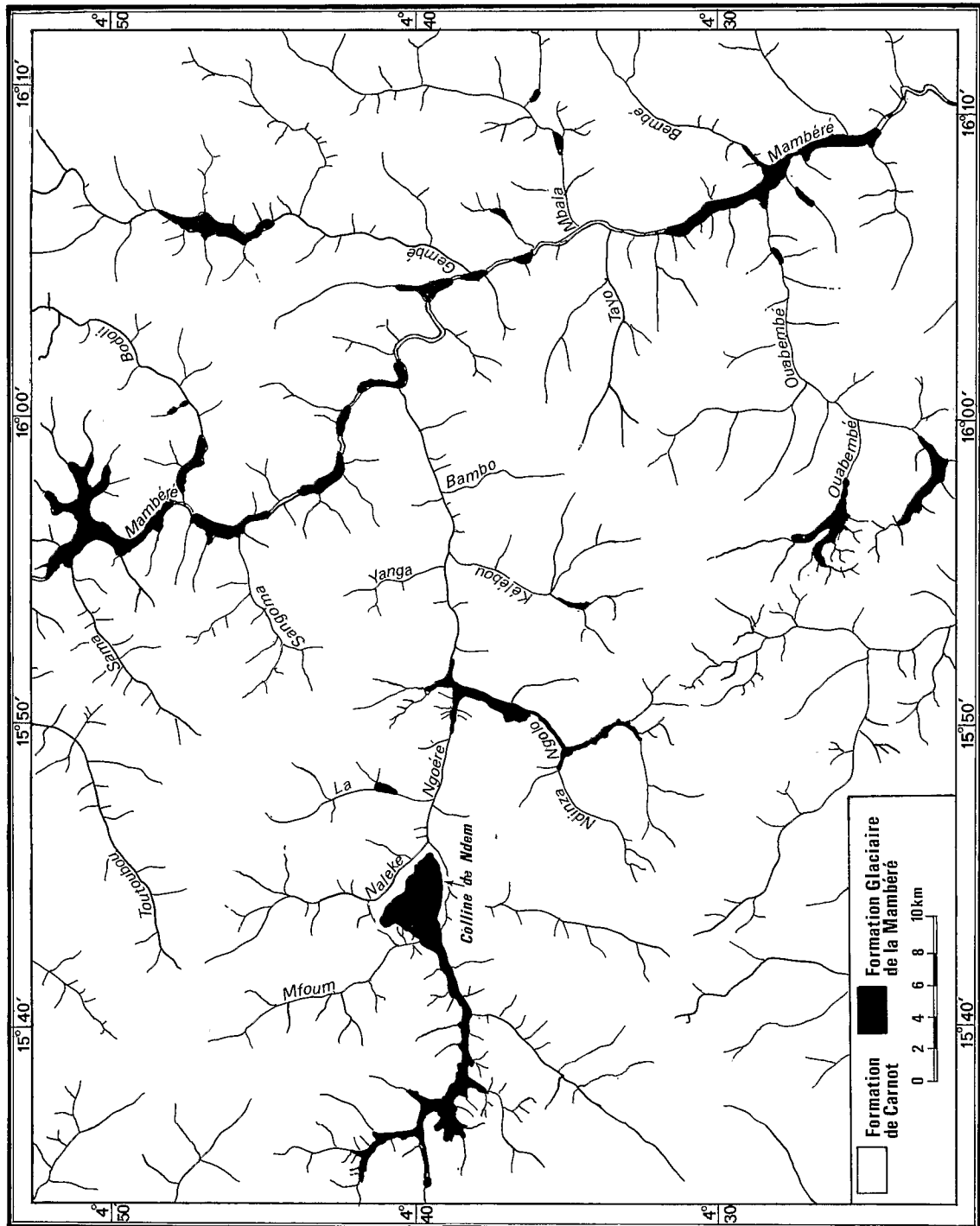


Fig. 3. Formation Glaciaire de la Mambéré: secteur septentrional (voir localisation sur la figure 1C).

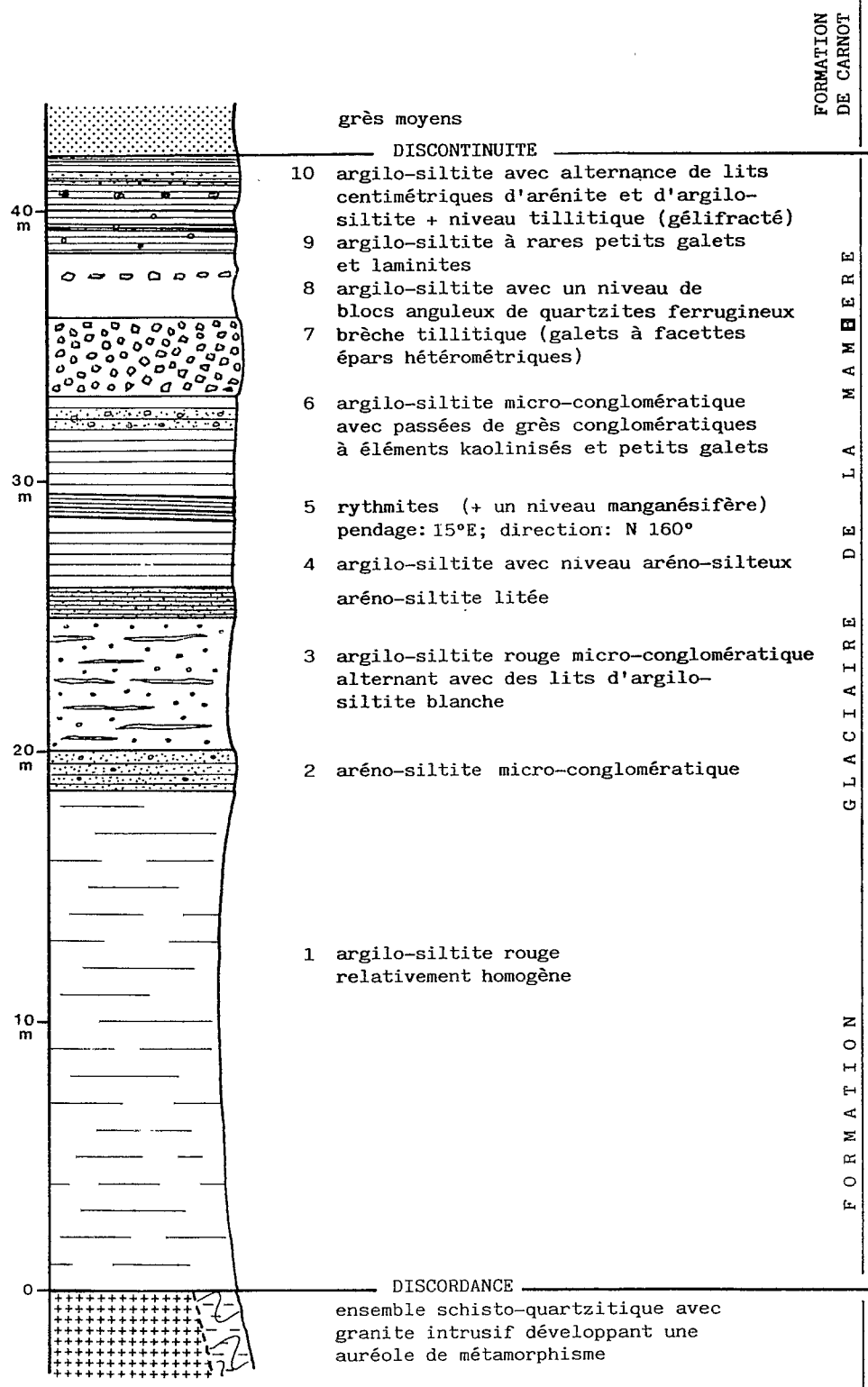


Fig. 4. Synthèse lithostratigraphique de la Formation Glaciaire de la Mambéré dans le bassin de la Bolé (rivières Mandrangoé et Bolé) (voir localisation sur la figure 2).

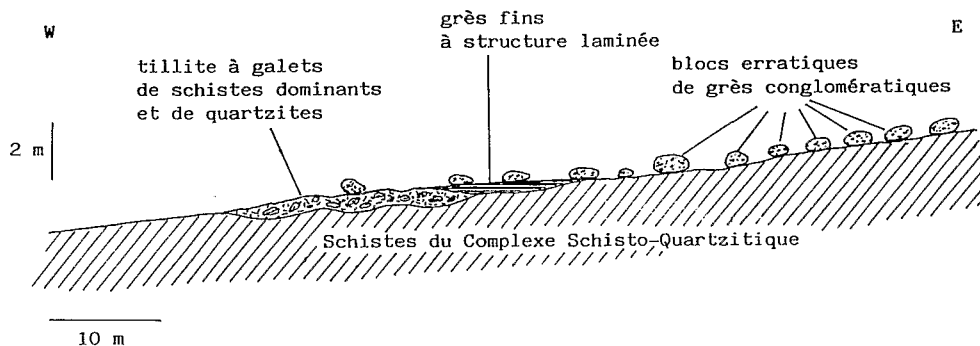


Fig. 5. Coupe lithostratigraphique de la Formation Glaciaire de la Mambéré dans la Babili (voir localisation sur la figure 2)

quartz ou de quartzites usés ou polyédriques, de taille variable, dispersés dans une gangue argilo-silteuse.

b. Analyse des galets.

Par ordre d'importance décroissante, on rencontre des galets de grès-quartzites et de quartzites, des galets de quartz et des galets de schistes; ils sont tous issus du Complexe Schistoquartzitique.

Une analyse morphométrique statistique a été réalisée à partir de galets partiellement dégagés ou récupé-

rés en alluvions situées juste à l'aval des affleurements tillitiques. Les indices d'aplatissement (I.A.) et d'émoussé (I.E.) obtenus sont comparés à des études portant sur des formations glaciaires quaternaires (fig. 7). Les galets de la formation glaciaire sont minéralogiquement semblables aux grès repris dans les sédiments pléistocènes de la région de Hanovre (RICHTER, 1959), mais ont une cohésion et donc une résistance mécanique à l'érosion plus proches de celles des galets de calcaires ayant évolué dans des environnements glaciaires de Suisse (SCHLUCHTER, 1978) et de Franche Comté (CAMPY, 1982) (fig. 8).

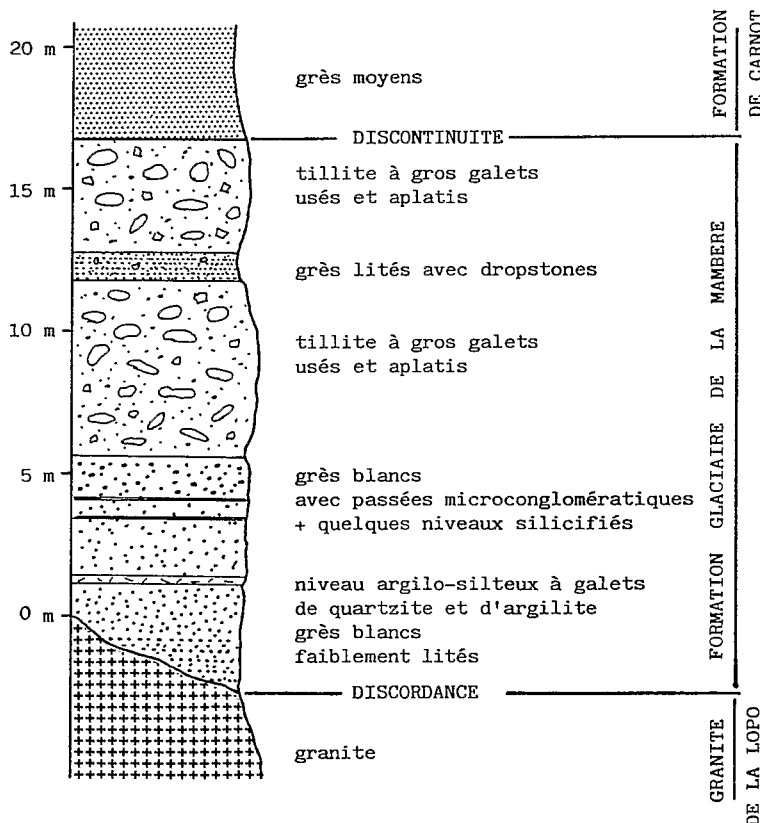
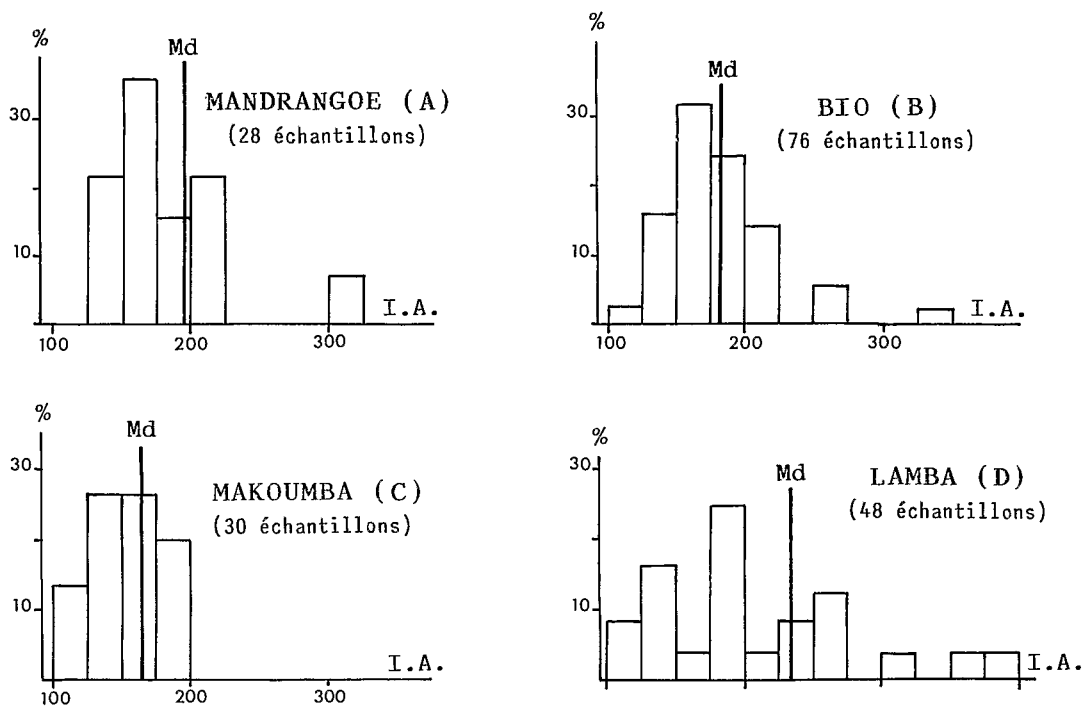


Fig. 6. Coupe lithostratigraphique de la Formation Glaciaire de la Mambéré dans la Lamba (voir localisation sur la figure 2)



Valeurs de l'Indice d'Aplatissement (I.A.)

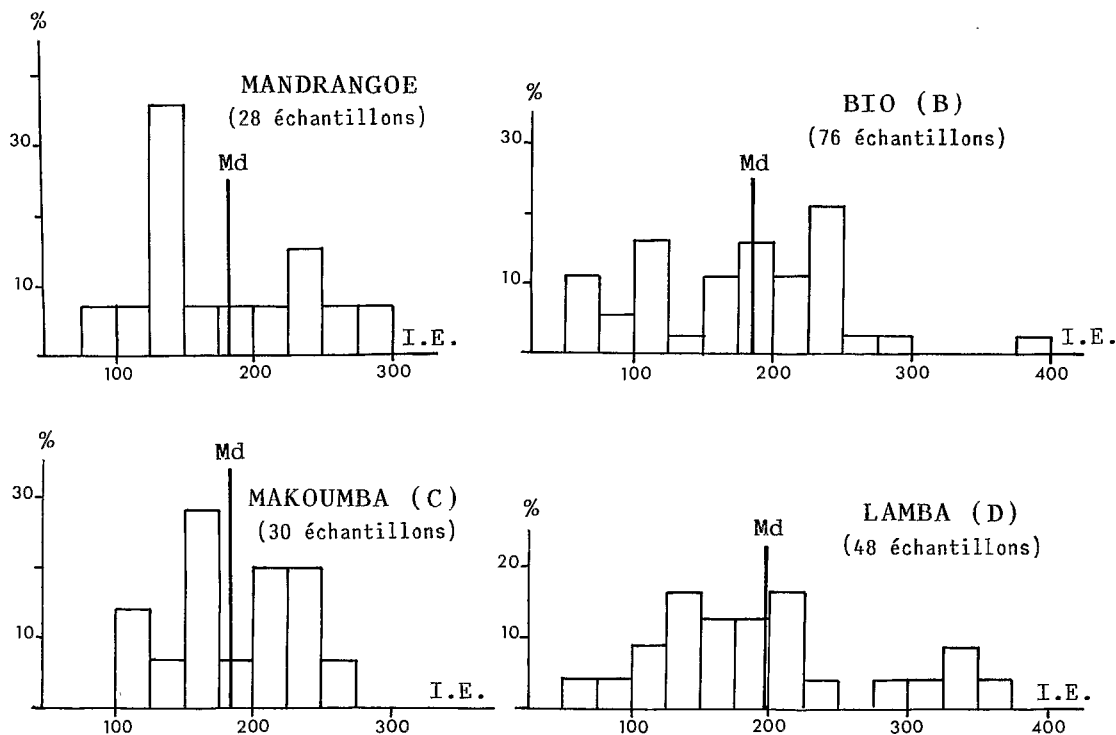


Fig. 7. Répartition des valeurs de l'indice d'émoussé et de l'indice d'aplatissement de galets du secteur méridional de la Formation Glaciaire de la Mambéré (voir figure 2 pour localisation).

De cette étude statistique, il ressort que:

- les tillites de la Mandrangoé, de la Bio et de la Makoumba (fig. 2) présentent toutes les caractéristiques de tillites de fond, et, étant donné leur position géographique relative, appartiennent à une même unité génétique.
- les tillites de la Lamba (fig. 6) sont des tillites d'écoulement auxquelles sont associés des galets polyédriques de tills de fond; la disposition des galets, la matrice arénacée, la faible épaisseur du niveau, l'intercalation de dépôts de remaniement sont des arguments (BOULTON, 1976) qui renforcent cette interprétation génétique.

c. Microfaciès.

Les principaux caractères sont l'absence de classement, l'hétérométrie et l'abondance de la matrice argilo-silteuse (ph. 4).

Les grains ne sont pas jointifs; le quartz est très abondant, les feldspaths (toujours altérés), la biotite et la muscovite excessivement rares.

Parmi les éléments microconglomératiques, on distingue principalement des quartz anguleux, des quartzites (provenant des séries détritiques précambriennes sous-jacentes), des fragments gréseux généralement arrondis (résultant de l'érosion des produits proglaciaires) et enfin des débris d'argilites.

2. Les dépôts glaciaires de remaniement.

a. Les grès et les grès conglomératiques.

Ces faciès se présentent suivant trois dispositions caractéristiques:

- bancs continus et épais de 3 à 5 mètres à la base de la formation dans le bassin de la Lopo (grès de la Lamba fig. 6).

Ces grès reposent sur le granite de la Lopo et sont recouverts par des tillites. A la base, ils sont lités; les grains sont relativement jointifs. En s'élevant dans la série, le litage disparaît, les grains ne sont plus jointifs et leur hétérométrie s'accroît.

Cette évolution verticale est à mettre en rapport avec l'influence grandissante d'un glacier: de type proglaciaire fluviale ou lacustre, les dépôts deviennent proximaux pour être enfin recouverts par des dépôts glaciogéniques (tillites). Ils traduisent donc une phase d'avancée d'un glacier.

- lentilles ou niveaux centimétriques intercalés ou remaniés dans les niveaux supra-tillitiques du bassin de la Bolé (Mandrangoé fig. 4).

Ce sont des grès hétérométriques dont les gros grains, non jointifs, sont généralement émoussés à arrondis; on retrouve des débris de ces grès remaniés au sein des argilo-siltites sus-jacentes. Au contact de certains éléments, on observe une déformation des laminations («dropstones»)

L'intime association des niveaux de grès avec les argilo-siltites, laminées ou non, indique que ces dépôts sont proximaux à proglaciaires; étant donné leur position supra-tillitique, ils sont les témoins d'une phase de retrait glaciaire.

- blocs erratiques de grès et de grès conglomératiques.

Les blocs erratiques reposent tantôt sur les séries détritiques précambriennes (Boundja), tantôt sur les argilo-siltites de la formation glaciaire (Ngoubongo, Mangombo, Mangoka- fig. 2), tantôt sur les deux (Babili fig. 5).

Les faciès de ces blocs présentent des caractéristiques communes. Les grains de quartz dominants, hétérométriques, le plus souvent émoussés à arrondis, quelquefois cassés ou corrodés, sont non jointifs et emballés dans une gangue argilo-silteuse. Le contenu en minéraux lourds de tous les blocs est très semblable (disthène, zircon, rutile, tourmaline et staurotide).

Malgré leur dispersion, tous les blocs appartiennent à la même formation en raison de leur grande similitude entre eux, et aussi avec les niveaux gréseux infra-tillitiques de la Lamba (fig. 6). Contrairement aux assimilations faites par VINCENT (1952) & WOLFF (1962), les conglomérats de la Babili ne représentent pas un niveau grossier de la série précambrienne de Nola, mais sont des dépôts de remaniement appartenant à la Formation Glaciaire Paléozoïque de la Mambéré. L'hypothèse des blocs lâchés est plausible lorsqu'ils sont incorporés dans les argilo-siltites (Ngoubongo, Mangombo, Mangoka – fig. 2). Par contre, l'hypothèse d'un remaniement par le glacier paraît plus vraisemblable pour expliquer l'amoncellement des blocs au niveau de la Babili (fig. 5).

b. Les faciès à structure laminée.

Suivant la granulométrie de ces faciès, on peut distinguer, d'une part, les grès fins, d'autre part, les argilo-siltites.

Les grès fins, de couleur ocre, s'observent dans la

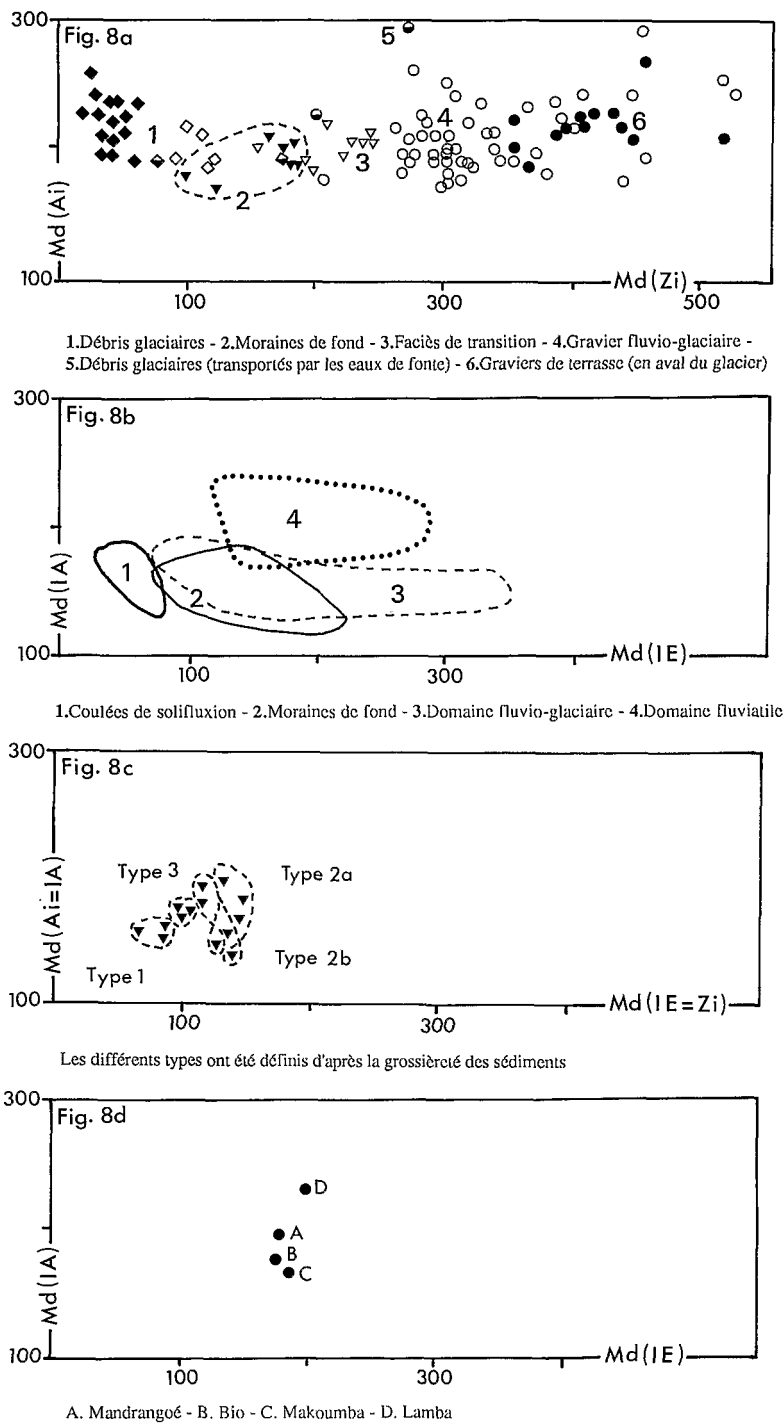


Fig. 8. Relations entre les valeurs médianes de I.E. et de I.A.. Comparaison avec les travaux de K. Richter (1959), de C. Schlüchter (1978) et de M. Campy (1980).

Fig. 8a Différenciation de galets d'environnements glaciaires helvétiques (d'après C. Schlüchter, 1978, modifié).

Fig. 8b Différenciation de galets de grès d'environnements différents dans des sédiments pléistocènes de la région de Hanovre (d'après K. Richter, 1959, modifié).

Fig. 8c Les moraines de fond du Quaternaire franc-comtois (d'après M. Campy, 1982).

Fig. 8d Analyse morphométrique des galets de la Formation Glaciaire de la Mambéré: relations entre l'Indice d'Emoussé (I.E.) et l'Indice d'aplatissement (I.A.).

Babili (fig. 5) où ils reposent sur la tillite remaniant le socle schisteux, et dans la Lamba (fig. 6) où ils sont intercalés dans les faciès tillitiques.

Les grès de la Lamba sont lités et ont une matrice argilo-silteuse peu abondante. Au sein de ces grès, a été trouvé un bloc de quartzite de 20 cm de longueur.

Les grès de la Babili présentent une lamination beaucoup plus frustre, en liaison probablement avec une origine fluviale.

Ces grès traduiraient un environnement fluvio-lacustre proche d'un glacier («blocs lâchés»).

Les argilo-siltites à structure laminée sont particulièrement développées dans la Mandrangoé (fig. 4), au dessous et en dessus du niveau tillitique.

* Les argilo-siltites infra-tillitiques (fig. 4, niveau 5) sont de véritable rythmites; elles sont formées, sur plus d'un mètre d'épaisseur, d'une alternance de lits millimétriques argilo-silteux de couleur sombre et de lits aréno-silteux de couleur sombre et de lits aréno-silteux de couleur blanche ou ocre (ph. 3).

* Les argilo-siltites supratillitiques (fig. 4, niveaux 8 et 9) contiennent quelques rares éléments lâchés. Des lits argileux rouge sombre à argilo-silteux ocres alternent avec des lits silteux rouge clair à aréno-silteux blancs.

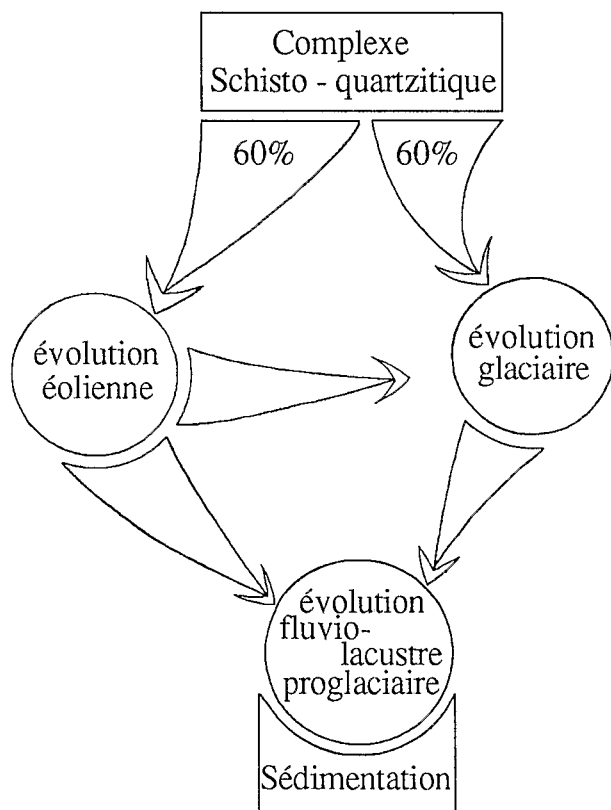


Fig. 9. Histoire géologique des quartz des rythmites de la Mandrangoé (bassin de la Bolé - figure 2).

Tantôt en lits horizontaux, tantôt en lits progradants, les argilo-siltites représentent des dépôts lacustres dans un environnement glaciaire.

3. Analyse des minéraux en grains.

a. L'exoscopie des quartz.

Les analyses ont été réalisées sur la fraction 400-500 microns à partir de grains de quartz obtenus par désagrégation sous l'eau des rythmites de la Mandrangoé (fig. 4).

Description des états de surface des grains observés au microscope électronique à balayage (M.E.B.).

– L'aspect picoté moiré des grains émoussés à arrondis (55 à 65%) est dû à un recouvrement siliceux important d'origine néogénétique. Ce recouvrement est affecté de traces d'actions mécaniques dont les plus caractéristiques sont les marques en coups d'angle, les cupules de choc, les figures de frottement et les traces de broyage. Dans des sables actuels, ces dernières traces ne sont rencontrées que sur des quartz glaciaires (LE RIBAULT, 1977).

– Les grains émoussés luisants (5 à 15%) et non évolués (15 à 25%) présentent une grande quantité de figures de frottement, plus ou moins profondes. On note également des traces de broyage («chattermarks») pouvant atteindre 100 microns de longueur (ph. 5).

La fréquence, la longueur et la disposition de ces traces sont des arguments indubitables en faveur d'une évolution en milieu glaciaire.

– Tous les grains, quels que soient leur aspect et leur forme, possèdent à leur surface une multitude de petits grains de quartz. Certains ont une forme bipyramidée; WHALLEY & KRINSLEY (1974) ont observé des néoformations comparables sur des grains de quartz fluvio-lacustres proglaciaires actuels. D'autres grains sont de petits globules, sans forme propre; ils pourraient être assimilés à une poussière de loess (KRINSLEY & DOORNKAMP, 1973).

Interprétation

C'est l'extrême variabilité des types et de la taille des traces d'actions mécaniques et chimiques décrits ci-dessus qui permet de conclure à une évolution des quartz dans un environnement glaciaire.

Au sein de l'environnement glaciaire, il est possible de préciser l'évolution des quartz (fig. 9).

Les formes des grains sont héritées de celles du Complexe Schisto-quartzitique précambrien (fig. 1).

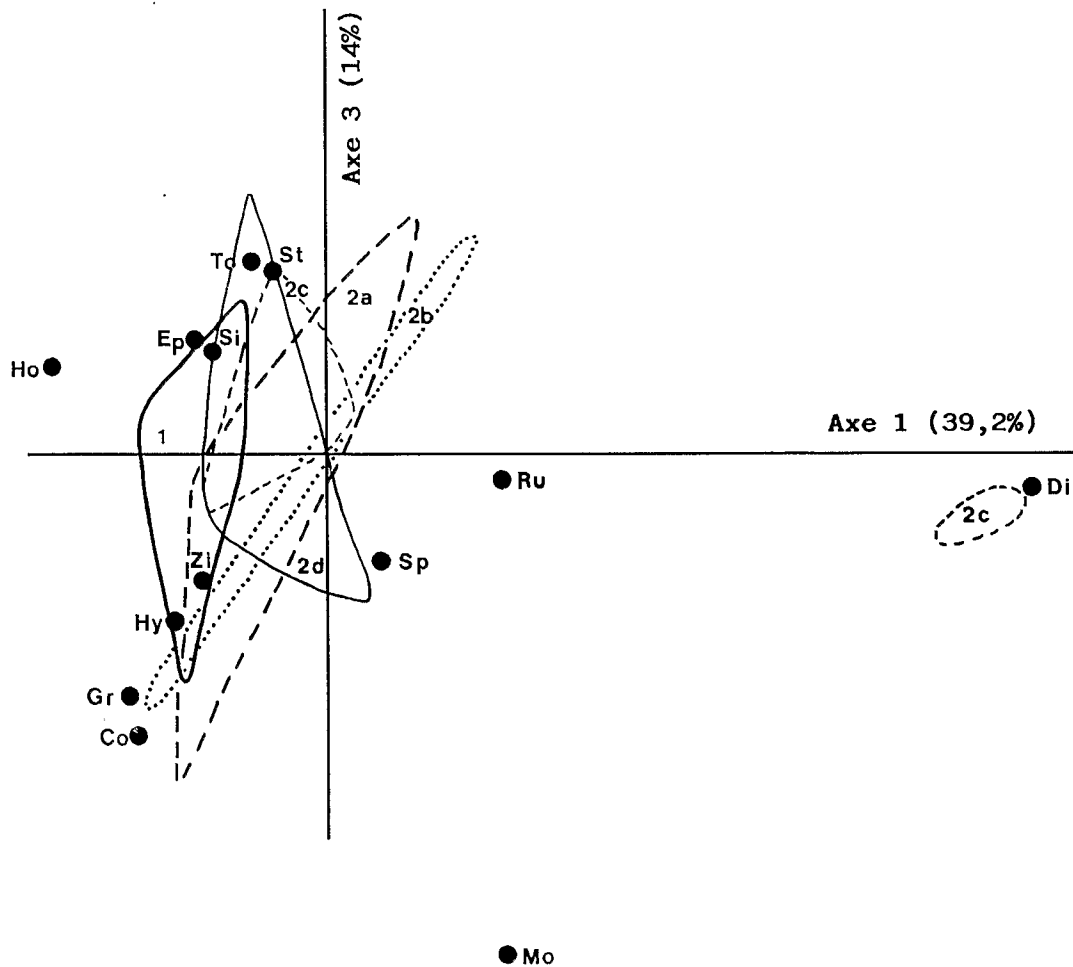


Fig. 10. Analyse factorielle des correspondances des minéraux lourds de la Formation Glaciaire de la Mambéré. 1 - voir tableau I : 2 - voir tableau II.

Le nombre de coups d'angle permet de conclure à un transport éolien. La préservation du recouvrement siliceux, qui est un héritage de leur histoire précambrienne, est tout à fait en accord avec le faible pouvoir de dissolution du «milieu éolien».

Les petits globules de quartz, sans forme propre, pourraient avoir subi la même histoire, si on admet leur origine loessique.

Au contraire, la luisance des autres grains émoussés qui ne présentent pas de coups d'angle, est due à un séjour plus long en milieu aquatique. De plus, tous les grains luisants présentent des marques caractéristiques d'action glaciaire, alors qu'elles s'observent plus rarement sur les grains picotés moirés.

b. Etude des minéraux lourds.

L'étude a porté sur les aréno-siltites prélevées dans le lit de la Mambéré par la société REMICA (secteur sep-

tentrional), et sur tous les faciès du secteur méridional (tableaux I et II).

La comparaison des contenus minéralogiques des deux secteurs permet de constater que:

- des minéraux sont présents en quantité équivalente dans les deux secteurs: zircon, tourmaline, staurotide, rutile, zircon hyacinthe, sphène, grenat, monazite, corindon, épidote.

- des minéraux sont uniquement présents ou plus abondants dans le secteur méridional: disthène, anatase.

- des minéraux sont uniquement présents ou plus abondants dans le secteur septentrional: hornblende, sillimanite et andalousite.

CENSIER (1989) a montré que les différentes séries du Complexe Schisto-quartzitique précambrien du SW de la R.C.A. et du SE Cameroun ont des cortèges minéralogiques détritiques fort semblables: le zircon et la tourmaline représentent jusqu'à 80% des minéraux lourds; le rutile et le zircon hyacinthe sont rares; le

TAB. I

	ZI	SP	EP	HO	GR	SI	RU	MO	TO	HY	CO	ST	DI	AD
SBK006	44	1	2	2	2		19		22	1		7		
SBK013	46	3	1	1			11		29	2	1	6		
SBK006	72	2		d	1		8	2	6	1	1	7		
SBK006	31	1	1				14		15		d	38		
SBK006	41					1	17		22	1		17		1
SBK006	36		5	24	1	15	7		7		d	3	2	d
Total	270	7	9	27	4	16	76	2	101	5	2	78	2	1

Tableau 1. Répartition des minéraux lourds dans la Formation Glaciaire de la Mambéré - secteur septentrional. Tous les échantillons ont été prélevés dans le lit de la Mambéré - figure 3.

sphène, l'épidote, la hornblende et le grenat sont décelés; la staurotide et le disthène sont décelés ou rares pour les échantillons les plus méridionaux.

Il apparaît que ces cortèges minéralogiques sont voisins de ceux de la formation glaciaire; cette similitude confirme la filiation entre ces deux types de formations.

Le traitement de toutes ces données par analyse factorielle des correspondances permet d'argumenter sur la répartition des minéraux lourds au sein de la formation.

Les trois premiers axes factoriels expriment respectivement 39,2%, 31,6% et 14% de la variance. C'est la projection des points dans le plan factoriel défini par les axes 1 et 3 qui est la plus significative pour l'interprétation (fig. 10).

Suivant l'axe 1, le disthène s'oppose aux autres minéraux; suivant l'axe 3, la tourmaline et la staurotide s'opposent au zircon.

Les nuages de points ont été définis par secteur et par faciès:

– les échantillons des blocs erratiques se répartissent en deux nuages nettement distincts; c'est le disthène qui contribue à cette distinction.

– les autres nuages sont répartis suivant l'axe 1, tout en présentant des chevauchements; le nuage des échantillons du secteur septentrional est le plus proche des variables tourmaline, zircon et hornblende.

La présence des minéraux caractéristiques des séries schisto-quartzitiques dans les échantillons du secteur septentrional et la position excentrée de leur nuage de points vers les minéraux mécaniquement résistants

	ZI	SP	EP	HO	GR	SI	RU	MO	TO	HY	CO	AN	ST	DI
BAR03	50		2		1		5		25	1			14	2
BAR44	53		1				12		23	1			10	
BAR45	83				4		10			3				
a	LOPO17	15					12		34				26	13
	LOPO24	53		d			7		16	2			19	3
	LOPO29	55		1	1		8		29	2			4	
	LOPO30	59					12		26	1			2	d
b	LOPO12	60					7		9				18	6
	LOPO13	88					1		6				4	1
	LOPO35	20		3		d	1	7	35				20	14
c	BAR39	57		2	2		9		11	1	d		17	1
	LOPO28	30					9		34				23	4
	LOPO32	36		1		d	17		12		4		22	8
	YO20	9		d		2	23		3			d	5	58
	NDE22	30		1	1	d	9		24				29	6
	NOLA01	12	2				29	1	6				1	49
	NOLA02	8					27		6				3	56
d	BAR06	32	1	3	1	2	11		43	1			6	
	BAR09	58		2			17		8				4	11
	LOPO14	45					3		24				21	7
	LOPO39	56		d		d	6		10	5	1		20	2
	NDE10	24					3		48	d			21	4
Total	933	3	16	3	9	3	244	1	432	21	1	d	289	245

Tableau 2. Répartition des minéraux lourds dans la Formation Glaciaire de la Mambéré – secteur méridional.

a: tillites; b: grès de la Lamba; c: blocs erratiques; d: laminites.

échantillons BAR: bassin de la Bolé (sauf BAR 39: rivière Ngoubongo); échantillons NDE et NOLA: rivière Babili; échantillons YO20: rivière Boundja (voir figure 2 pour la localisation).

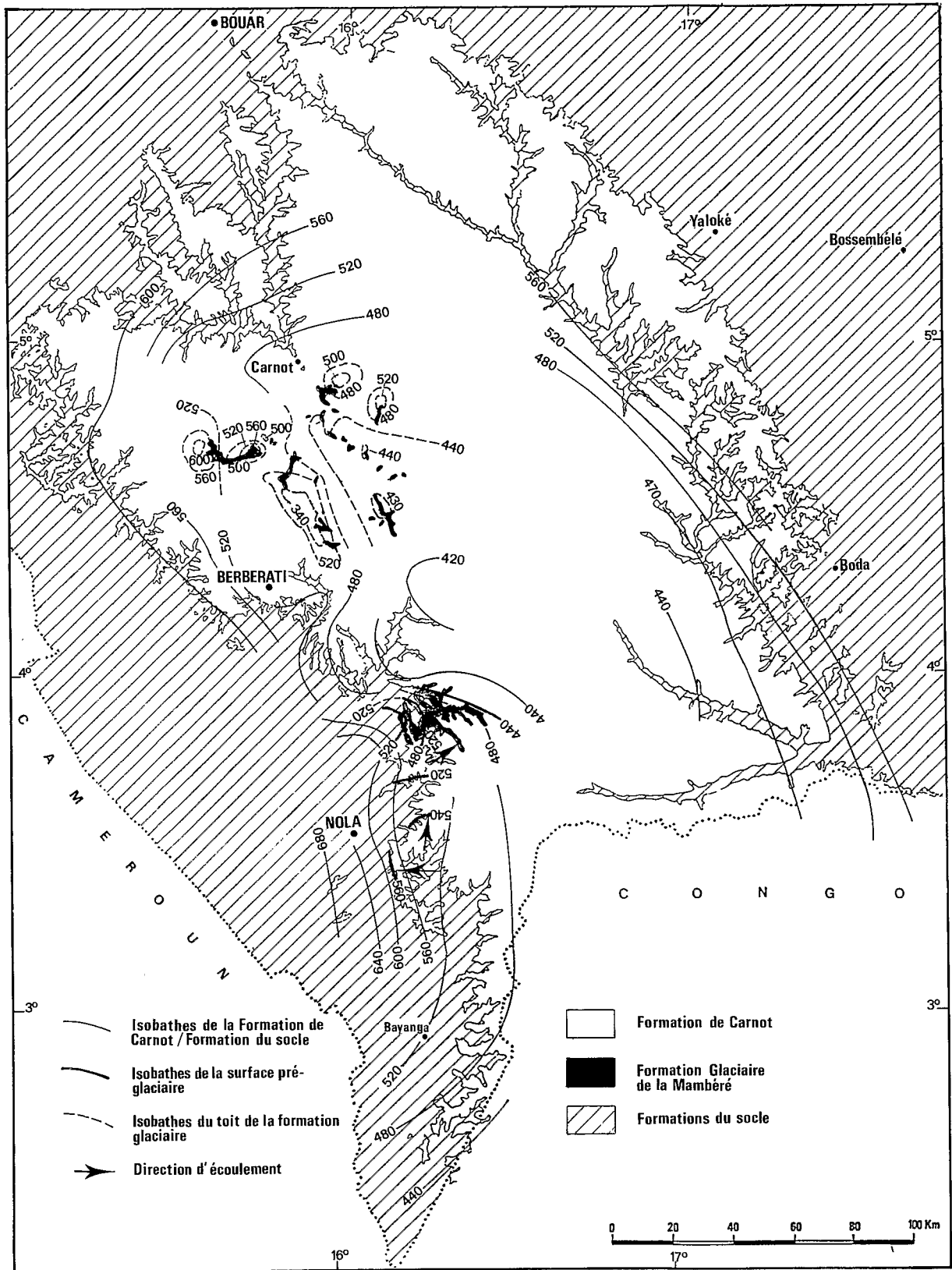


Fig. 11. Disposition d'ensemble de la surface pré et post-Formation Glaciaire de la Mambéré.

(tourmaline – zircon) dans l'A.F.C. montrent que le matériel détritique de la formation glaciaire provient du démantèlement des séries schistoquartzitiques et a été transporté vers le Nord.

De plus, il faut admettre une origine secondaire du matériel détritique du secteur septentrional à partir du démantèlement du Complexe Granito-gneissique; en effet, les quantités élevées de hornblende, de sillimanite et d'épidote dans certains échantillons de ce secteur ne peuvent s'expliquer par le seul démantèlement des séries schisto-quartzitiques. Cependant, ces derniers apports sont irréguliers et quantitativement faibles.

IV. Reconstitution Paléogéographique

1. Disposition d'ensemble de la formation glaciaire.

La détermination des isobathes de la base et du toit de la formation glaciaire n'est possible que dans le secteur méridional; le socle sous-jacent n'affleurant pas dans le secteur septentrional, seules les isobathes du toit ont été tracées (fig. 11). Afin de mieux expliquer la disposition d'ensemble de la formation, les isobathes du contact de la Formation de Carnot sur les formations du socle ont été esquissées.

a. Dans le secteur méridional, la surface de base de la formation glaciaire est inclinée vers le NNE, de 560 m (rivière Babili) à 440 m (bassin de la Ouedo – fig. 2).

Le soulèvement du socle, postérieurement au dépôt de la Formation de Carnot, sensible surtout à sa bordure NW – N – NE (CENSIER, 1989), fait que la disposition des isobathes de la Formation de Carnot sur le socle ne donne pas une idée précise de la surface pré-glaciaire dans le secteur septentrional (480 m au Nord, 520 m à l'Ouest, 420 m au Sud).

Les analyses minéralogiques ayant montré que les formations du Complexe Granito-gneissique n'ont joué qu'un rôle secondaire en tant que roche mère de matériel détritique, il est logique de considérer que cette surface était relativement plate, peut être en forme de vaste cuvette.

b. Le toit de la formation glaciaire a l'allure d'un dôme dans le secteur méridional. Les affleurements de ce secteur appartiennent donc à un relief résiduel ayant résisté à l'érosion avant le dépôt de la Formation de Carnot.

La morphologie du toit de la formation glaciaire est très irrégulière dans le secteur septentrional.

Une campagne de sondages électriques a permis à LOUIS (1960) de montrer que cette irrégularité existe également sous les interfluves.

Cette disposition est la preuve d'une érosion importante de la formation glaciaire avant et éventuellement lors de la mise en place du matériel détritique de la Formation de Carnot. Cette érosion est d'ailleurs confirmée par des arguments sédimentologiques (CENSIER, 1989).

– Il n'est donc pas possible de donner avec précision la puissance totale de la formation; l'épaisseur de 30/40 m calculée dans le secteur méridional correspond seulement à la hauteur de matériel détritique ayant résisté à l'érosion.

2. Extension de la formation glaciaire.

L'érosion subie par la formation glaciaire et son recouvrement par la Formation de Carnot ne permettent pas de donner avec précision ses limites d'extension. Cependant, quelques observations sédimentologiques en dehors de la zone des affleurements connus de la formation permettent d'en modifier les limites.

– Des blocs erratiques ont été retrouvés dans les alluvions de la Ndélingué, de la Yobé et de la Mamoboko (fig. 2); leur présence témoigne d'une extension de la formation au SE du secteur méridional.

– L'étude exoscopique des quartz d'alluvions de la Motao, affluent en rive droite de la Sangha, situé à 15 km au Sud de Nola (fig. 1), a montré la présence, sur certains grains, de nombreuses traces de broutage («Chattermarks») pour lesquelles on peut émettre l'hypothèse d'une origine glaciaire. Dans ce cas, la formation de la Mambéré serait plus développée à l'Ouest du secteur méridional (CENSIER, 1989).

– Des blocs d'argilites rouges ont été découverts dans la rivière Sasian, affluent en rive droite de la Topia, et située à 50 km à l'Ouest de Boda. Si l'appartenance de ces éléments isolés à la formation glaciaire est confirmée, elle démontrerait son extension orientale dans une zone où elle est complètement masquée par la Formation de Carnot et les produits de son démantèlement.

Toutefois, aucun argument ne permet de déterminer si ces nouvelles limites sont des limites d'extension ou d'érosion.

V. Implications à l'échelle du Paléozoïque africain.

Les nombreuses recherches palynologiques sur les différents faciès de la formation se sont avérées totalement infructueuses. Comme aucun autre type de fossile n'a été découvert, la datation de la formation sera basée sur des arguments autres que paléontologiques.

La disposition subhorizontale de la formation glaciaire indique qu'elle n'a subi aucune déformation tectonique; elle est donc post-panafricaine. Au cours

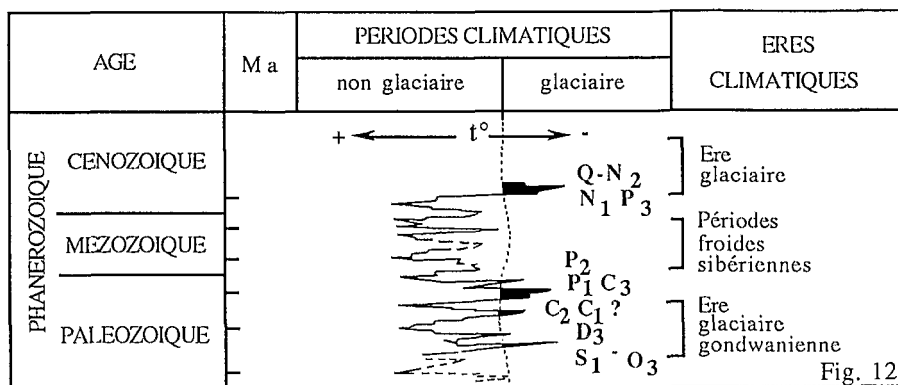


Fig. 12. Distribution des principaux épisodes glaciaires depuis 500 Ma (d'après Chumakov et Elston, 1989) S1-O3 - Silurien inférieur à Ordovicien supérieur; D3 - Dévonien; C1-C2 - Carbonifère inférieur et moyen; C3-P1 - Carbonifère supérieur et Permien inférieur; P2 - Permien supérieur; Q-N2; N1-P3 - Cénozoïque supérieur.

du Paléozoïque, le pôle Sud magnétique a traversé le continent africain (MOREL & IRVING, 1978; SCOTESI et al., 1979). C'est cette dérive qui est à l'origine des changements climatiques et des glaciations dont les témoins ont été retrouvés sur l'ensemble du continent du Gondwana.

1. Les glaciations paléozoïques en Afrique.

En Afrique, on distingue principalement deux glaciations paléozoïques:

a/ une glaciation fini-ordovicienne et probablement début silurienne. Il s'agit d'une glaciation d'inlandsis qui a recouvert une grande partie de l'Afrique de l'Ouest (DEYNOUX, 1980), le Sahara central (BEUF et al., 1971),

mais également une partie de l'Afrique Australe (RUST, 1981) et de l'Arabie (MAC CLURE, 1978).

Cette glaciation est également bien connue en Amérique du Sud, dans le Nord du Brésil (bassins de Parnaiba et de l'Amazone) et dans les Andes (Nord de l'Argentine - Bolivie - Sud Pérou) (CAPUTO & CROWELL, 1985).

b/ une glaciation datée du Carbonifère inférieur au Permien inférieur. Il y a peut être lieu de différencier une première phase au Carbonifère inférieur et moyen et une seconde, plus importante, au Carbonifère supérieur et au Permien inférieur (CHUMAKOV & ELSTON, 1989 - fig. 12).

Au Carbonifère inférieur, la glaciation affecte le Brésil (CAPUTO & CROWELL, 1985). Des dépôts gla-

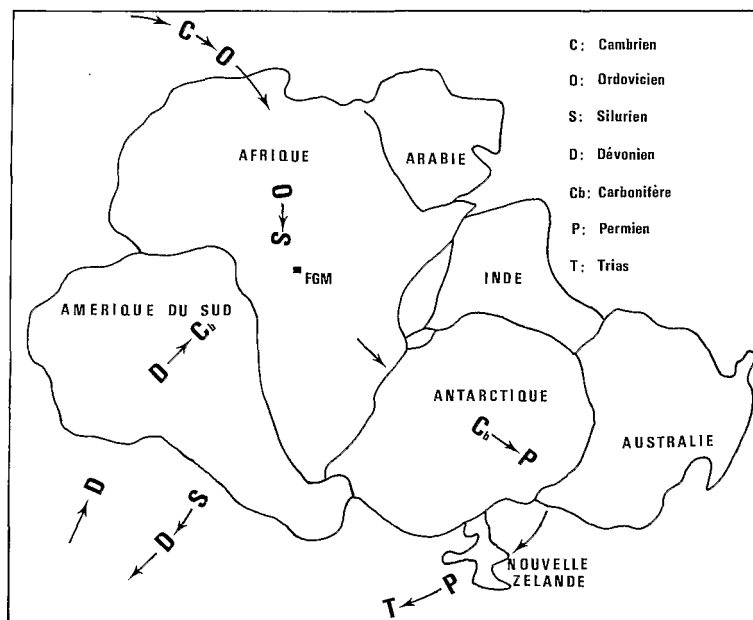


Fig. 13. Migration des centres glaciaires à travers l'Ouest du continent du Gondwana durant le Paléozoïque (d'après M.V. Caputo et J.C. Crowell, 1985, modifié).

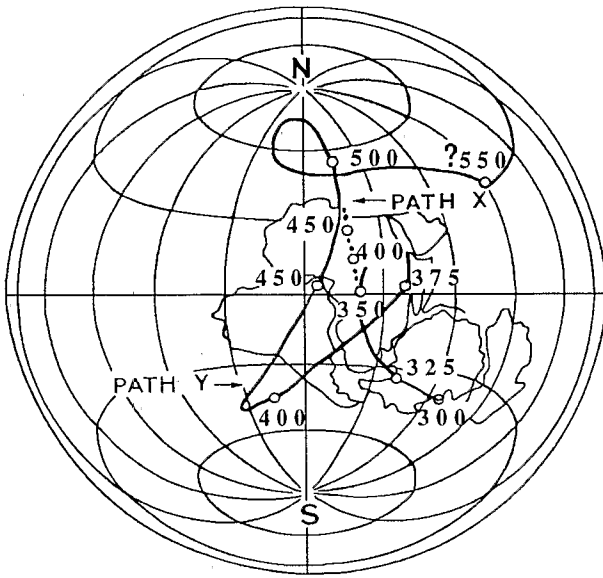


Fig. 14. Trajectoire du pôle Sud à travers le continent du Gondwana durant le Paléozoïque inférieur et le Dévonien (d'après P. Morel & E. Irving, 1978).
A noter les deux trajectoires X et Y durant le Silurien et le Dévonien.

ciaires, datés de cette époque, sont observés au Niger, sur la bordure occidentale de l'Aïr (EL HAMET, 1983; LANG et al., 1991). Un évènement glaciaire affectant le SW de l'Egypte (régions d'Abu-Ras et de Gilf Kébir) et le NW du Soudan (Gebel Uweinat et Gebel Kissu) est daté du Carbonifère (inférieur à supérieur probable) (KLITZSCH, 1983, 1984).

Ces dépôts, relativement localisés dans le temps et dans l'espace, sont associés à la présence de dômes de faible altitude du vieux socle. Compte tenu des paléolatitudes supposées à cette époque, on prairait penser que ces dômes ont été recouverts de petites calottes glaciaires dont la formation serait en liaison avec un refroidissement régional (comme actuellement pour les îles Kerguelen à 47° S), voire global.

Du Carbonifère moyen au Permien inférieur, la glaciation de Dwyka s'est étendue sur l'ensemble du Gondwana, jusque vers 30° de latitude (FABRE, 1988). Elle a été identifiée en Amérique du Sud, en Australie, en Inde et en Antarctique (CAPUTO & CROWELL, 1985). En Afrique, elle est connue au Zaïre, sous le nom de glaciation de la Lukuga (SLUYS, 1950; CAHEN & LEPERSONNE, 1981), au Gabon (MICHOLET et al., 1970), en Angola (ROCHA CAMPO & DOS SANTOS, 1981), au Mozambique et au Zimbabwe (BOND, 1981), en Namibie et au Botswana (MARTIN, 1981), en Afrique du Sud (VON BRUNN & STRATTEN, 1981).

2. Discussion sur la Formation Glaciaire de la Mambéré.

a/ Cette étude a montré le caractère glaciaire indubitable de la Formation de la Mambéré. Dater la formation, revient à déterminer à quel type de glaciation elle appartient.

CAPUTO & CROWELL (1985) ont présenté une synthèse sur l'ensemble des dépôts glaciaires paléozoïques du Gondwana. Ils proposent une courbe de migration des "centres glaciaires" (fig. 13). Cette courbe est en accord avec les données paléomagnétiques (MOREL & IRVING, 1978 – fig. 14; SMITH & al., 1981; SCOTESE & al., 1979, 1985; PERRIN, 1987). Il apparaît ainsi que la Centrafrique a été par deux fois à proximité du pôle Sud durant le Paléozoïque, d'une part à l'Ordovicien terminal (vers 450 Ma), d'autre part au Carbonifère inférieur (vers 350 Ma).

b/ SEMPERE & al., (comm. écrite) assimilent les formations de Mangbaï et de Hoyo, situées au Nord Cameroun, à une formation glacio-lacustre; les roches

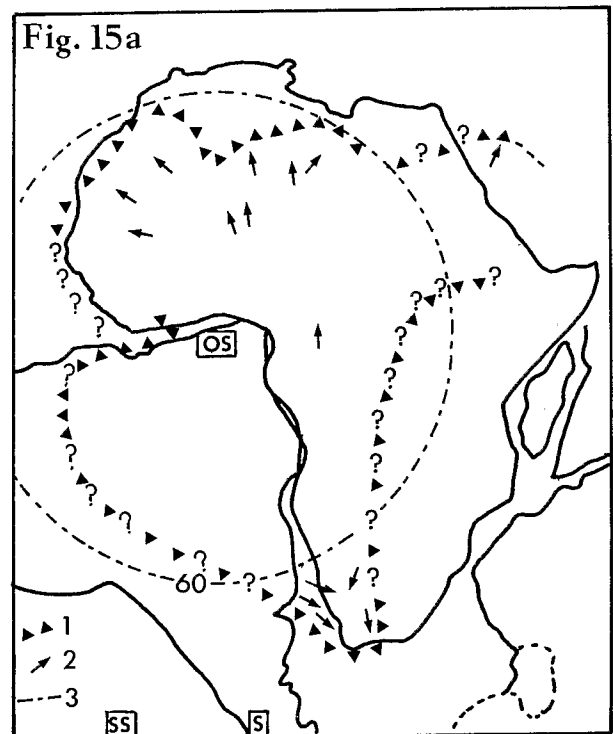


Fig. 15a Extension de la glaciation fini-ordovicienne sur le continent de Gondwana (in: J. Fabre, 1988, modifié).
1: extension maximale des calottes glaciaires de l'Ordovicien terminal au début du Silurien;
2: directions principales des écoulements glaciaires (pour la R.C.A., d'après cette étude);
3: paléolatitudes à l'Ordovicien supérieur (450 MA) en prenant le pôle Sud de Morel / Irving (1978); OS - SS: pôle Sud à l'Ordovicien Supérieur (OS) et au Silurien supérieur (SS) d'après Morel & Irving (1978); S: pôle Sud au Silurien (400 MA) d'après Hargraves & Van Houten (1985).

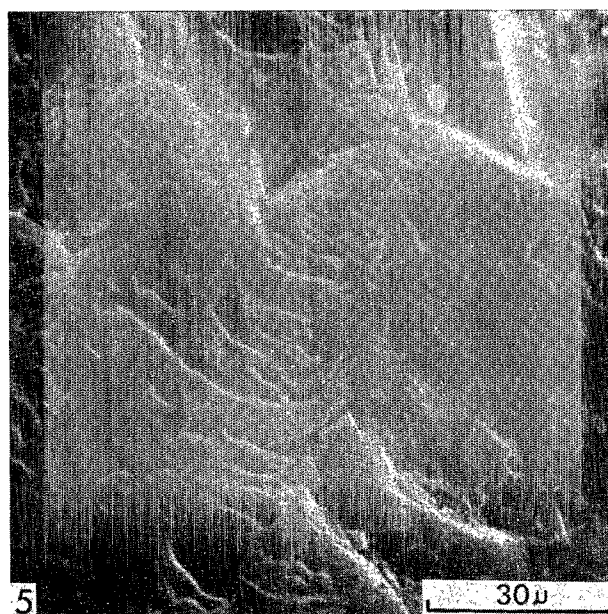
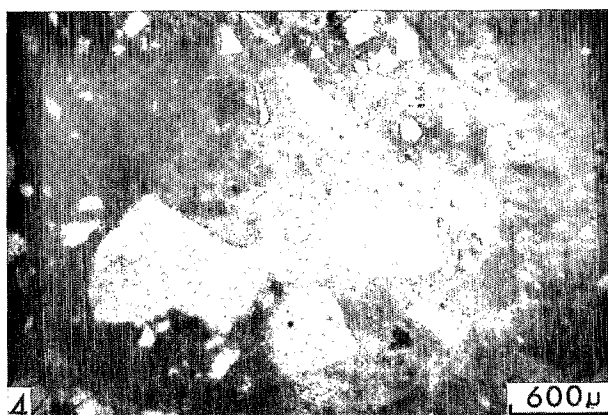
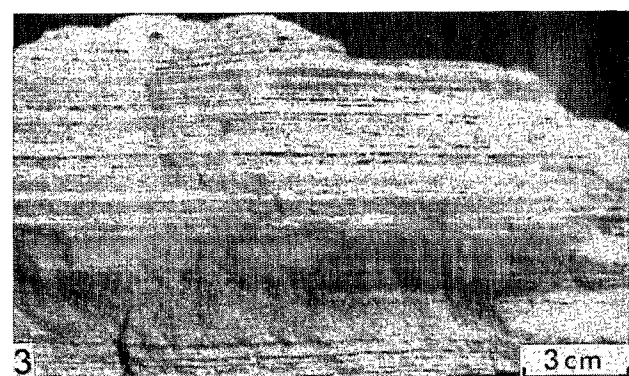


Photo 1 Tillite de la Makoumba (fig. 2). Abondance de galets polyédriques.

Photo 2 Tillite de la Lamba (fig. 6). Galets usés et de grande taille.

Photo 3 Rythmite de la Mandrangoé (fig. 4). Alternance de lits millimétriques argilo-silteux de couleur sombre et de lits aréno-silteux de couleur claire.

Photo 4 Microfaciès dans la tillite de la Mandrangoé (fig. 4). Gros grains de quartz aux formes concaves dans une matrice argilo-silteuse.

Photo 5 Exoscopie d'un quartz des rythmites de la Mandrangoé (fig. 4). Longue trace de broutage affectant la surface du grain suivant plusieurs plans. Noter la présence du puits de dissolution (à droite de la trace de broutage).

volcaniques qui perturbent cette série ont été datées (méthode K/Ar) entre 420 et 360 Ma (LASSERRE et al., 1977). L'ensemble inférieur présente le faciès glaciaire le plus typique; il s'agit de conglomérats à éléments

décimétriques à métriques auxquels sont associées des assises volcaniques. Les Formations de Mangbaï et de Hoyo représentent donc des formations glacio-lacustres siluriennes; 400 km au plus les séparent de la Forma-

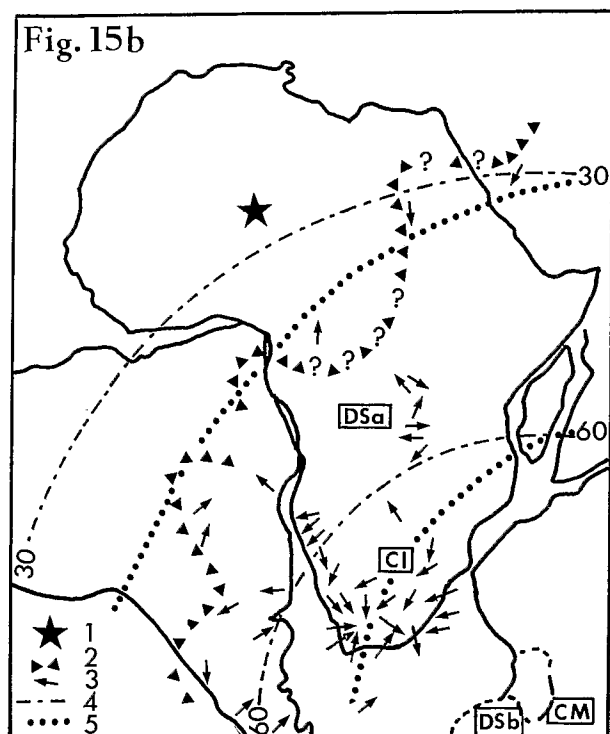


Fig. 15b Extension de la glaciation datée de la fin du Dévonien au Permien inférieur sur le continent africain (in: J. Fabre, 1988, modifié).

1: glaciers d'âge Tournaisien au Niger; 2: limite maximum d'extension des glaciers de Dwyka;
3: directions des écoulements glaciaires (pour la R.C.A., d'après cette étude); 4: paléolatitudes au Carbonifère moyen (325 MA) (Morel et Irving, 1978); 5: paléolatitudes au Carbonifère terminal – Permien basal (280MA) (Irving, 1983); DSa, CI: pôle au Dévonien supérieur (DSa) et au Carbonifère inférieur (CI) d'après Morel & Irving (1978).

tion Glaciaire de la Mambéré. Au Silurien inférieur, le pôle Sud magnétique se trouve au Sud-Ouest de la Centrafrique (fig. 14); la direction des écoulements glaciaires n'est pas incompatible avec ce cadre paléogéographique (fig. 15a).

c/ Mais la Formation de la Mambéré peut également s'intégrer à la glaciation de Dwyka. Dans ce cas, il faudrait la rattacher à la première phase de refroidissement durant le Carbonifère inférieur (CHUMAKOV & ELSTON, 1989 - fig. 12), période pendant laquelle la Centrafrique passe sous des paléolatitudes de 80° à 45° (fig. 15b). Au cours de la deuxième phase de refroidissement (Carbonifère supérieur – Permien inférieur), la dérive du pôle Sud amène la Centrafrique sous des paléolatitudes beaucoup trop basses au niveau desquelles l'environnement glaciaire est difficilement concevable.

Dans l'état actuel de nos connaissances, si le caractère glaciaire de la Formation de la Mambéré est un fait acquis, un doute subsiste sur son âge. Faute d'arguments géochronologiques, il est encore hasardeux de préciser à quelle grande glaciation paléozoïque elle pourrait être rattachée - Silurien inférieur ou Carbonifère inférieur -

Remerciements

Nous sommes reconnaissants auprès des responsables centrafricains et du Ministère français de la Coopération d'avoir soutenu nos recherches. Cette publication s'intègre au Projet n° 210 du PICG-UNESCO sur les sédiments continentaux d'Afrique (C.A. Kogbe, E. Klitzsch, & J. Lang) dans le cadre de la Société Géologique Africaine. Elle a fait l'objet d'une communication au 15ème Colloque de Géologie Africaine (Nancy, 10-13 Septembre 1990).

Bibliographie

- BERTHOUMIEUX, G. & DELANY, F. (1956): Mission diamant Ouest-Oubangui: - Inédit. Archives Dir. Mines et Géol., 47 p., R.C.A.
- & (1957): Mission diamant dans l'Ouest-Oubangui. - Bull. Dir. Mines et Géol. A.E.F., 8, 77-85.
- BEUF, S., BIJU-DUVAL, B., DE CHARPAL, O., ROGNON, P., GABRIEL, O. & BENNACEF, A. (1971): Les grès du Paléozoïque inférieur au Sahara. Sédimentation et discontinuités. - Evolution structurale d'un craton. Edit. Technip, 460 p., Paris.
- BOND, G. (1981): Late Palaeozoic (Dwyka) glaciation in the Middle Zambezi region- in the Sabi-Limpopo region (Zimbabwe). - In: Earth's Pre-Pleistocene glacial record (Hambrey and Harland, ed.). Cambridge Univ. Press, 55-60, Cambridge.
- BOULTON, G.S. (1976): A genetic classification of tills and criteria for distinguishing tills of different origin. - In: Till its genesis and diagenesis. Univ. Adama Mickiewiczza, Ser. Geografia, 12, pp. 65-80, Poznam.
- BOUTAKOFF, N. (1948): Les formations glaciaires et postglaciaires fossilifères d'âge permo-carbonifère (Karoo inférieur) de la région de Walikale (Kivu, Congo belge). - Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain, 9, 2, 124 p., Belgique.
- CAHEN, L. & LEPERSONNE, J. (1981): Late Palaeozoic tillites of the Congo Basin in Zaïre. - In: Earth's Pre-Pleistocene glacial record (Hambrey and Harland, ed.). Cambridge Univ. Press, 43-47, Cambridge.
- CAILLEUX, A. & TRICART J. (1959): Initiation à l'étude des sables et des galets. Centre de Documentation Universitaire, 3 t., Paris.
- CAMPY, M. (1982): Le quaternaire franc-comtois. Essai chronologique et paléoclimatique. - Thèse Doct. Etat. Fac. des Sci. et Techn. de l'Univ. de Franche Comté, 575 p., Besançon.
- CAPUTO, M.V. & CROWELL, J.C. (1985): Migration of glacial centers across Gondwana during Paleozoic era. - Geol. Soc. Am. Bull., 96, 1020-1036.
- CENSIER, C. (1989): Dynamique sédimentaire d'un système fluvial diamantifère mésozoïque: la Formation de Carnot (République Centrafricaine). - Thèse de Doctorat, Université

- de Bourgogne, 591 p., 130 fig., 48 tabl., 29 pl. phot., 1 carte hors texte, Dijon.
- CHUMAKOV, N. M. & ELSTON D.P. (1989): The paradox of late Proterozoic glaciations at low latitudes. – *Episodes*, **12**, 2, 115–120.
- DELANY, F. & DELORME, J. (1956): Etude préliminaire de la série argilo-gréseuse de la région diamantifère de L'Ouest-Oubangui. – C.R. XXème Congr. Géol. Intern., Commission Gondwana, 65–72, Mexico.
- DELORME, J. (1953): Rapports et notes diverses. – Inédits. Archives C.M.O.O., R.C.A.
- DEYNOUX, M. (1980): Les formations glaciaires du Précambrien terminal et de la fin de l'Ordovicien en Afrique de l'Ouest. Deux exemples de glaciation d'inlandsis sur une plate-forme stable. – *Trav. Lab. Sci. Terre St Jérôme, Marseille*, thèse doct. Etat. Univ. Aix-Marseille, Oct. 1978. (B), 17, 554 p., 217 fig., 11 tabl., 2 cartes h.t., 5 fiches + 113 coupes en annexe, Marseille.
- ELHAMET, M.O. (1983): Analyse géologique et pétrographique de la Formation de Tarat dans les carrières SOMAÏR (Paléozoïque supérieur). – Essai d'interprétation paléoclimatique à la lumière de l'épisode glaciaire Dévonocarbonifère (région d'Arlit – Niger septentrional). Thèse 3ème cycle, 279 p., Univ. Dijon et Niamey.
- FABRE, J. (1988): Les séries paléozoïques d'Afrique: une approche. – *J. Afr. Earth Sci.*, **7**, 1, 1–40.
- FLINT, R.F. (1971): *Glacial and quaternary geology*. – John Wiley Ed, 892 p., New York.
- KLITZSCH, E. (1983): Paleozoic formations and a Carboniferous glaciation from the Gilf Kebir-Abu Ras Area in southwestern Egypt. – *J. Afr. Earth Sci.*, **1**, 1, 17–19.
- (1984): Northwestern Sudan and bordering areas: geological development since Cambrian time. – *Berliner Geowiss. Abh.*, (A), **50**, 23–45, Berlin.
- KRINSLEY, D.H. & DOORNKAMP, J.C. (1973): *Atlas of quartz sand surface textures*. – Cambridge Univ. Press, 91 p., Cambridge.
- LANG, J., YAHAYA, M., ELHAMET, M.O., BESOMBES, J.C. & CAZOULAT, M. (1991): Dépôts glaciaires du Carbonifère inférieur à l'Ouest de l'Aïr (Niger). – *Geol. Rundschau*, **80/3**, 611–622, Stuttgart.
- LASSERRE, M., BAUBRON, J.C. & CANTAGREL, J.M. (1977): Existence d'une couverture non plissée d'âge paléozoïque inférieur, au sein de la zone mobile de l'Afrique Centrale: âge K/Ar des formations de type Mangbaï (Nord-Cameroun). *C. R. Acad. Sci.*, **284**, série D, 2067–2070, Paris.
- LE RIBAUT, L. (1977): *L'exoscopie des quartz*. – Masson Ed., 150 p., Paris.
- LOUIS, P. (1960): Essai de prospection géophysique dans l'Ouest de la République Centrafricaine. – Inédit. Archives Dir. Mines et Géol., 16 p., R.C.A.
- MAC CLURE, H.A. (1978): Early Paleozoic glaciation in Arabia. – *Pal. Pal. Pal.*, **25**, 315–326.
- MARTIN, H. (1981): The late Palaeozoic Dwyka Group of the South Kalahari basin in Namibia and Botswana and the subglacial valleys of the Kaokoveld in Namibia. – In: *Earth's Pre-Pleistocene glacial record* (Hambrey and Harland, ed.). Cambridge Univ. Press, 61–66, Cambridge.
- MESTRAUD, J.L. (coordinateur) (1964): Carte géologique de la République Centrafricaine. – Etat des connaissances à fin 1963. (avec la collaboration de B. Bessoles). Mémoire du B.R.G.M. n° 60, 186 p., France.
- (1982): *Géologie et ressources minérales de la République Centrafricaine*. – Etat des connaissances à fin 1963, (avec la collaboration de B. Bessoles). Mémoire du B.R.G.M. n° 60, 186 p., France.
- MICHOLET, J., MOLINAS, E. & PENET, B. (1970): Le système du Karroo au Gabon. 2ème Symposium Gondwana, Council for scientific and Indust. Res. – Pretoria Publ., 371–380, Capetown-Johannesbourg.
- MOREL P. & IRVING E. (1978): Tentative paleocontinental maps for the early Phanerozoic and Proterozoic. – *J. Geol.*, **86**, 5, 535–561.
- PERRIN, M. (1987): Paléomagnétisme de séries rouges à aimantations multiples d'âge protérozoïque et paléozoïque d'Afrique et d'Amérique du Nord. – *Documents et travaux Centre Géologique et Géophysique*, **11**, 288 p., Montpellier.
- RICHTER, K. (1959): Bildunsbedingungen Pleistozäner Sedimente Niedersachsens aufgrund Morphometrischer Geschiebe und Geröllanalysen. – *Z. Deut. Geol. Ges.*, **110**, 400–435.
- ROCHA-CAMPO, A.C. & DOS SANTOS, P.R. (1981): Late Palaeozoic tillite of the Lutoe series, Angola. Late Paleozoic «serie tillitica» of Mozambique. – In: *Earth's Pre-Pleistocene glacial record* (Hambrey and Harland ed.) Cambridge Univ. Press, 48–54, Cambridge.
- RUST, I.C. (1981): Early Palaeozoic Pakhuis tillite, South Africa. – In: *Earth's Pre-Pleistocene glacial record* (Hambrey and Harland Ed.). Cambridge Univ. Press, 113–117, Cambridge.
- SCHLUCHTER, C. (1978): *Guidebook, symposium Moraines and varves, INQUA*. – Commission on genesis and lithology of quaternary deposits, 92–112, Zürich.
- SCOTESE, C.R., BAMBACH, R.K., BARTON, C., VAN DER VOO, R. & ZIEGLER, A.M. (1979): Paleozoic base maps. *J. Geol.*, **87**, 3, 217–277.
- SCOTESE, C.R. VAN DER VOO, R. & BARRET, S.F. (1985): Silurian and Devonian base maps. – *Phil. Trans. R. Soc.*, **B309**, 57–77, London.
- SEMPERE, T., ANGEL, J.M., HOTTIN, J. & MAGNIEN, A. – Quelques données nouvelles sur les sédiments paléozoïques du Nord-Cameroun, (communication écrite).
- SLUYS, M. (1950): Le système du Karroo dans le bassin du Congo. – *Bull. Inst. Roy. Col. Belge*, **21**, 979, 1019, Belgique.
- SMITH, A.G., HURLEY, A.M. & BRIDEN, J.C. (1981): *Phanerozoic paleocontinental world maps*. – Cambridge Univ. Press, 102 p., Cambridge.
- VINCENT, P. M. (1952): Rapport préliminaire sur la région de Nola (deuxième mission). – Inédit, Archives Dir. Mines Géol., 30 p., 2 pl., R.C.A.
- VON BRUNN, V. & STRATTEN, T. (1981): Late Palaeozoic tillites of the Karroo basin of South Africa. – In: *Earth's Pre-Pleistocene glacial record* (Hambrey and Harland, ed.). Cambridge Univ. Press, 71. 79, Cambridge.
- WHALLEY, W.B. & KRINSLEY, D.H. (1974): A scanning electron microscope study of surface textures of quartz grains from glacial environments. – *Sedimentology*, **21**, 87–105.
- WOLFF, J.P. (1962): Carte géologique de reconnaissance à l'échelle de 1/500 000. Feuille de Nola avec notice explicative. – *Publ. Inst. Equ. Rech. Géol. et Min.*, 32 p., Brazzaville.

