

AURAFRIQUE SARL
(Filiale de Asquith Resources Inc.)

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE
Unité - Dignité - Travail

Direction Administrative
B.P. 514 - BANGUI
Tél./Fax : (236) 61 38 02

**INFORMATIONS RECUEILLIES
DANS LES ARCHIVES DE L'ORSTOM
SUR LE CALCAIRE
EN REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE**

Du 10 Aout au 03 Septembre 2000

Compilés Par : Monsieur BROSSINI-YALI Luc
Géologue de Projet

SOMMAIRE

INTRODUCTION

I. APERÇU HISTORIQUE

II. GEOLOGIE

III. STRUCTURE ET TECTONIQUE

IV. GEOLOGIE APPLIQUEE

CONCLUSION

ANNEXE

INFORMATION RECUEILLIES DANS LES ARCHIVES DE L'ORSTOM SUR LE CALCAIRE EN CENTRAFRIQUE

INTRODUCTION

Le développement de la République Centrafricaine est considérablement gêné, notamment dans les domaines de l'amélioration de l'habitat et du réseau routier existant par les conditions d'approvisionnement en ciment. La découverte d'un gisement de calcaire utilisable dans l'industrie a toujours été et demeure l'un des soucis majeurs du Gouvernement Centrafricain.

Plusieurs missions d'étude ont été entreprises dans les environs de Bangui par le BRGM, l'ORSTOM avec l'appui technique et financier du PNUD.

Vous trouverez en annexe de ce rapport, certains documents dont un rapport du Projet Carbonate de l'Université de Bangui, dirigé par Ph. ALVAREZ, que nous estimons très utile.

INFORMATION RECUEILLIES DANS LES ARCHIVES DE L'ORSTOM SUR LE CALCAIRE EN CENTRAFRIQUE

INTRODUCTION

Le développement de la République Centrafricaine est considérablement gêné, notamment dans les domaines de l'amélioration de l'habitat et du réseau routier existant par les conditions d'approvisionnement en ciment. La découverte d'un gisement de calcaire utilisable dans l'industrie a toujours été et demeure l'un des soucis majeurs du Gouvernement Centrafricain.

Plusieurs missions d'étude ont été entreprises dans les environs de Bangui par le BRGM, l'ORSTOM avec l'appui technique et financier du PNUD.

Vous trouverez en annexe de ce rapport, certains documents dont un rapport du Projet Carbonate de l'Université de Bangui, dirigé par Ph. ALVAREZ, que nous estimons très utile.

Aperçu Historique :

En 1947, lors des tous premiers levés sur la coupure Bangui-Ouest, J. et G. GERARD soulignaient la présence de Calcschistes de complexe de base aux chutes Bombélé dans la rivière Yangana à 25 km environ, au Nord de Bangui.

En 1954, Ph. WACRENIER a signalé une autre formation carbonatée à Bobassa à 26 km en aval de Bangui sur l'Oubangui.

En 1955, une étude spéciale menée par G. POUIT sur Bobassa a connu un échec à cause de l'importance des couches latéritiques.

En 1957, M. BOUJUT a prélevé un échantillon de roche carbonatée lors d'un sondage à 5 km au Sud-Ouest de Bangui.

En 1958 J.L MESTRAUD reconnaissait des niveaux carbonatés dans le lit de la rivière Chinko à 120 km environ au Nord de Rafai.

En 1961, Ch. BOULEAU, prospecteur de l'IRGM a été chargé de rechercher les affleurements de roches carbonatées en amont de Fort-Possel (actuel Possel). A l'issue de sa mission, il apparait que ces formations sont fortement latéritisées et une campagne de petits sondages s'avère indispensable.

En 1968-1969, après échec des recherches sur le calcaire de Bobassa, de nouvelles campagnes de sondages légers (avec une sondeuse Craélius, type Prosper) étaient entreprises sous l'égide de la Direction Générale des Mines et de la Géologie et c'est à partir des résultats préliminaires des sondages légers dans la région de Fatima que le projet CAF 11 a été conçu.

Plusieurs études ont été effectuées sur Bobassa par le BRGM, l'ORSTOM (dommage qu'on a pas pu avoir accès aux documents, à cause du départ en congé du responsable des archives de la Direction Générale des Mines) et également le Projet Carbonate de la Faculté des Sciences de l'Université de Bangui, qui a recensé les formations carbonatées des environs de Bangui.

GEOLOGIE

Localisation :

Les principaux affleurements de formations carbonatées connus aujourd'hui, affleurent relativement proches de Bangui (Ph. ALVAREZ, 1995) :

- Ex-plantation Gallo (village Dongbé II) au Nord, secteur de Massamba-Possel-Djoukou au N-E, bassin de la Lessé et rives centrafricaines et zaïroises de l'Oubangui au Sud.
- L'extension réelle des assises carbonatées est traduite par la présence de vastes dépressions à morphologie crypto-karstique (BOULVERT et SALOMON, 1988). Dans la banlieue Ouest de Bangui, la série de Fatima (BESSOLES et TROPETTE, 1980) a été reconnue en sondage 1958.

- D'après Ph. ALVAREZ (document joint), la mise en place des formations carbonatées, post-cryogémiennes de la région de Bangui peut donc être rapporté au Néoprotérozoïque III.
- Ph. ALVAREZ classe les différentes formations carbonatées d'après leurs faciès (Pages 8 - 18 du document joint) que nous essayons de résumer ici :
- ◆ ***Les calcaires à lits microalgaires de la Lessé :***
Dans le cours de la rivière Lessé (Fig. 4), proche du village Bombongo (Bobangui) ? affleurent des calcaires beige, micritique.
- ◆ ***Les rythmites de la formation de Bobassa :***
La formation de calcaire beige de Bobassa constitue en réalité une puissante assise carbonatée, accessible à Zimba (27 km), Bomboko et Bobassa. D'autre part, on note la présence d'un affleurement d'une trentaine de mètres, en amont de l'île aux Sangliers et dans le bras Est de l'Oubangui.
Au Nord immédiat du village Zimba, des calcaires massifs subverticaux, d'orientation N.110° E, constituent un affleurement de 500 m au moins de puissance, visible en continu pendant les périodes d'étiage.
- ◆ ***Les calcaires intraclastiques et oolitiques de Mboma :***
Sur la rive Zaïroise de l'Oubangui en amont de l'île aux Sangliers et près du village Mboma, trois (3) affleurements de calcaire blanc sont orientés N.130° E avec un pendage subvertical 60° N.
- ◆ ***La formation de Fatima :***
D'une puissance supérieure à 300 m (POIDEVIN, 1985), est représentée par des calcaires gris à niveaux pluricentimétriques dolomitiques et noirs, les lits dolomitiques parfois exfoliés ou pyriteux, sont caractérisés par la présence de lits algaires.
- ◆ ***Les dépôts algaires de l'embouchure de la Lessé :***
Sur la rive centrafricaine de l'Oubangui et dans le confluent de la rivière Lessé des calcaires bleutés, micritiques, finement laminés.
- ◆ ***Les dolomies de l'ex-plantation Gallo :***
Au NE de Bangui, les dolomies silicifiées de l'ex-plantation Gallo (village Dongbé II), en bancs décimétriques subverticaux, d'orientation NNW - SSE sont conservées dans un graben d'allongement E - W (POIDEVIN, 1985).
- ◆ ***Les calcaires silicifiés de Mondoli :***
Sur la rive droite de l'Oubangui, à hauteur du village Mondali et à 10 km de Zimba, en affleurement de 500 m de long, en bancs décimétriques bleutés à patine brune, entièrement silicifiés. Cette assise semble correspondre à des dolomies à gypse de milieu lagunaires.

Dans le SE de Centrafrique d'autres formations carbonatées sont signalées. Il semble qu'on puisse y retrouver les faciès proximaux d'une rampe carbonatée ; lagune avec

CONCLUSION

Les calcaires et dolomies, bien que rares, sont connus dans plusieurs régions du pays dans les formations terminales du Protozoïque Supérieur.

Des gisements près de Bangui (Fatima, Bobassa, ...) ont fait l'objet de plusieurs études économiques pour la fabrication du Ciment.

Les calcaires sub-horizontaux de Bobassa, sur l'Oubangui à 30 km en aval de Bangui, pourraient convenir, mais la proximité de la rivière pose un problème d'exploitation, le haut de bancs de calcaire étant en-dessous du niveau de l'eau. Les réserves établies par forage s'élèvent à 10 millions de tonnes avec en moyenne 92% de carbonate.

Il y a des projets pour suivre le sub-affleurement du calcaire (il est sous 10 à 15 m de couverture) loin de la rivière.

ANNEXES

Documents Jointes :

- ◆ Une note sur les calcaires en République Centrafricaine.
(Institut Equatorial de recherche et d'Etudes Géologiques et Minières).
- ◆ Une note de réponse du Directeur du projet CAF. 11- A. BRUNELLE -
Nov. 1971.
- ◆ Un plan des sondages - Echelle 1/1000 de FATIMA
- ◆ Une coupe provisoire à travers les sondages de Fatima. Echelle 1/1000.
- ◆ Un schéma du projet d'exploitation.
- ◆ Un extrait de la coupure BANGUI - OUEST.
- ◆ Une carte de localisation des formations carbonatées de la région de
Bangui. 1/1.000.000.
- ◆ Une carte de localisation des formations carbonatées de la RCA au
1/1.000 000.
- ◆ Une étude de rentabilité d'une cimenterie de 30.000 T/an.
- ◆ Un extrait du rapport de fin d'Etude de reconnaissance de gisement de
calcaire pour cimenterie.

Ph. ALVAREZ :

- ◆ Version française : "Mise en évidence d'une rampe carbonatée au
Néoprotérozoïque sur la bordure septentrionale du Craton d'Afrique
Centrale".
- ◆ Version anglaise : "Evidence for a Neoproterozoic carbonate ramp on the
northern edge of the central African craton : relations with Late
Proterozoic intratectonic troughs".

REPUBLIQUES
CENTRAFRICAINE, DU CONGO
GABONAISE ET DU TCHAD

INSTITUT EQUATORIAL DE
RECHERCHES ET D'ETUDES
GEOLOGIQUES ET MINIERES

REFERENCE: J(6I)-T.49

N O T E

SUR LES CALCAIRES EN REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

La découverte de formations carbonatées utilisables dans l'industrie à toujours été l'un des soucis majeurs de géologues qui ont eu la responsabilité de l'établissement de la carte géologique de reconnaissance et de la prospection minière générale depuis 1946.

En 1947, lors de tout premiers levés sur la coupure Bangui-Ouest J. et G. GERARD signalaient la présence de calcschistes de complexe de base aux chutes Bombelé dans la rivière Yangana à 25 Kms environ au Nord de Bangui.

En 1954, lorsque fut entreprise la reconnaissance géologique et minière de la coupure Bangui-Ouest par PH. WACRENIER, une autre formation de roches carbonatées fut signalée à Bobassa à 40 kilomètres en aval de Bangui sur l'Oubangui. Il s'agissait de calcaires massifs appartenant au Précambrien supérieur.

En 1955 G. POUIT fut chargé d'étudier spécialement la formation calcaire de Bobassa. N'ayant découverte aucun autre affleurement de calcaire, il fit creuser des tranchées et des puits sans plus de résultats et cela à cause d'un très important recouvrement alluvionnaire.

En 1957 le Service Géologique a reçu de M. BOUJUT un échantillon de roche carbonatée prélevé au cours d'un sondage à faible profondeur effectué à 5 kms au Sud-Ouest de Bangui. Une analyse, accompagnée d'une étude microscopique, a été faite. Ce faciès appartiendrait à la formation des calcschistes de la Yangana (Complexe de base).

En 1958 J.-L. MESTRAUD reconnaissait parmi les faciès du Précambrien supérieur des niveaux carbonatés dans le lit du Chinko à 120 Km environ au Nord de Rafaï.

En 1960 Ph. WACRENIER découvrait dans la région de Fort Possel des roches carbonatées qui appartiennent au précambrien supérieur comme les calvaires de Bobassa.

En 1961 Ch. BOULEAU, Prospecteur de l'IRGM, a été chargé de rechercher les affleurements de roches carbonatées en amont de Fort-de-Possel. A l'issus de sa mission il apparait que ces formations sont fortement latéritisées et une campagne de petits sondages s'avère indispensable.

CONDITIONS D'UTILISATION

Les deux principales utilisations de calcaires sont la fabrication de chaux destinée à l'amélioration des sols et de liants destinés aux constructions.

C'est le problème des liants qui nous intéresse particulièrement Rappelons tout d'abord qu'il existe deux grandes catégories de liants:

- les liants non hydrauliques qui ne font prise et ne durcissent qu'à l'air libre (chaux aériennes grasses ou maigres)

- les liants hydrauliques qui font prise et durcissent même dans l'eau (chaux hydrauliques et ciments)

Nous allons maintenant donner les normes de composition chimique que doivent présenter les calcaires pour constituer un matériau propre à la fabrication du ciment.

Ces normes sont les suivantes:

$\text{CO}_2\text{-Ca}$ 78 %
 MgO 3 % (à la très grande rigueur 5 %)
Module silicique: $2 \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} 3$
Module alumino-ferrique: $0,5 \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3} 5$

INTERPRETATION DES DONNEES CHIMIQUES

Nous joignons en annexe un tableau des résultats d'analyse et des normes calculées pour chaque échantillon. Voici une interprétation sommaire des données chimiques:

W(54) 36 bis

Bonne teneur en CO_3Ca . Teneur peu forte en MgO .
Module silicique aberant.

Boujut 1957

Teneur en CO_3Ca trop faible.

W (60) 2068

Teneur en CO_3Ca trop faible.

W (60) 2094

Teneur en CO_3Ca trop faible. Faciès dolomitique.

W (60) 2093

Teneur en CO_3Ca trop faible. Faciès dolomitique.

W (6I) 23

Bonne teneur en CO_3Ca . Module silicique fort.

W (6I) 40

Teneur en CO_3Ca suffisante. Module silicique légèrement élevé.

W (6I) 45

Teneur en CO_3Ca trop faible. Faciès dolomitique silicifié

W (6I) 56

Teneur en CO_3Ca trop faible. Faciès légèrement silicifié.

W (6I) 57

Teneur en CO_3Ca un peu trop faible. Faciès légèrement silicifié.

W (6I) 6I

Faciès silico-alumineux.

CONCLUSIONS

Trois échantillons retiennent l'attention: ✓

I- Le Calcaire de Bobassa qui, en dépit d'une teneur en MgO un peu élevée, présente les caractéristiques les plus intéressantes. Cependant l'affleurement sur lequel il a été prélevé ne saurait constituer un gisement puisqu'il se trouve dans le lit de l'Oubangui: il conviendrait

donc de procéder à une prospection méthodique de la formation qui s'étend à l'Ouest de l'Oubangui jusqu'à la route Bangui-M'Baïki. De petits sondages seront nécessaires car un fort recouvrement alluvial rend difficile les observations.

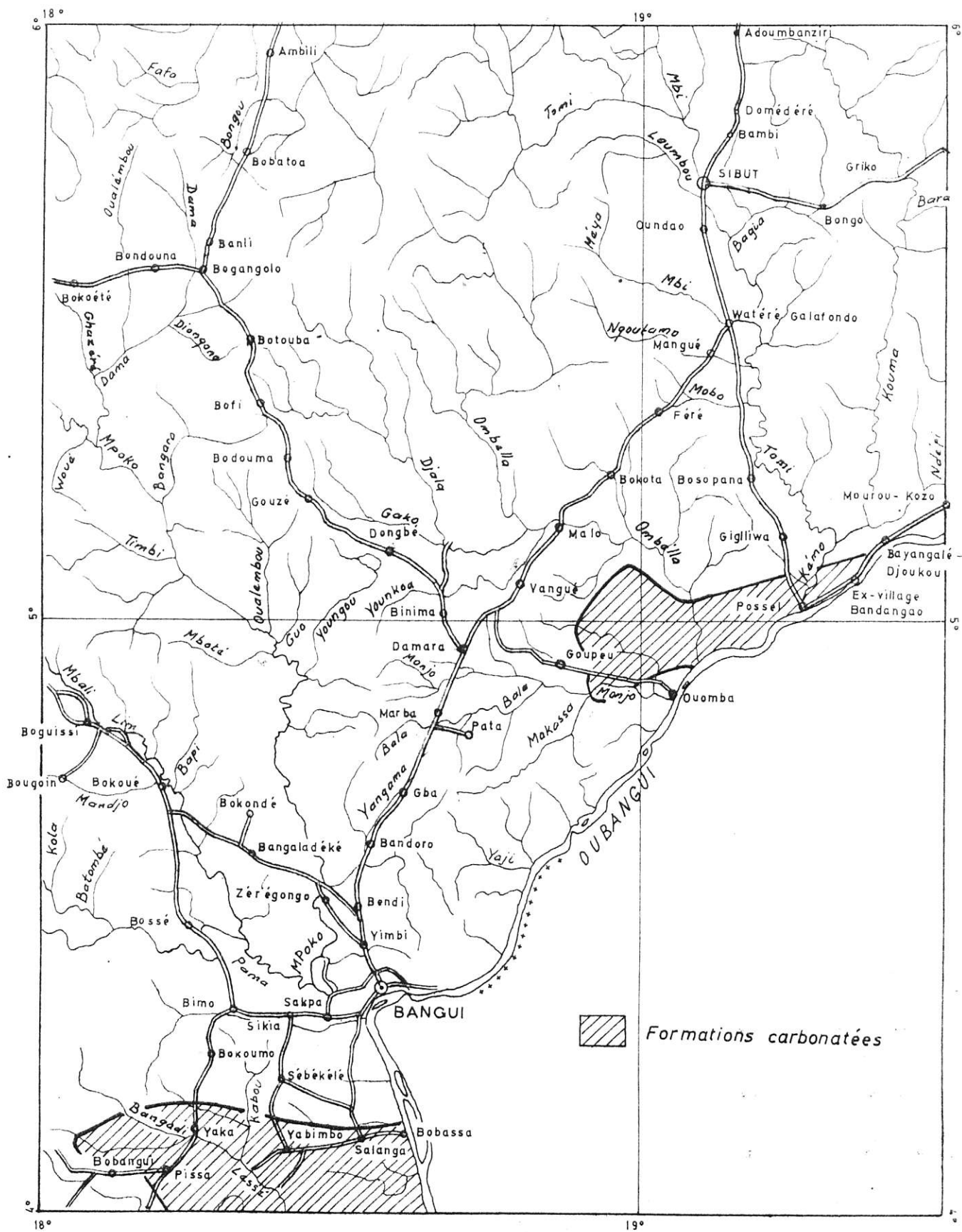
2 - Deux faciès provenant de l'affleurement de Badangao à 15 Km en amont de Fort-de-Possel, affleurement qui, a fait l'objet d'un échantillonnage systématique de la part de Ch. BOULEAU en 1961. Cette prospection de grand détail a permis de se rendre compte de l'extrême hétérogénéité des bancs calcaires, tantôt silicifiés et tantôt dolomitiques, hétérogénéité qui est un facteur défavorable. D'ailleurs l'affleurement de Badangao, situé dans l'Oubangui et submergé en période de hautes eaux, ne peut être exploité. Cependant l'existence de niveaux présentant des normes de composition assez intéressantes et un encouragement à procéder à la prospection systématique de l'ensemble de la formation carbonatée de Fort-de-Possel, prospection que le recouvrement latéritique rendra difficile.

En conclusion générale, si jusqu'à présent aucun gisement exploitable de calcaire n'a été découvert, il n'en reste pas moins que les indices recueillis sur les roches carbonatées de la région de Bangui appellent une prospection systématique de ces formations, avec petits sondages permettant de traverser le recouvrement alluvial ou la cuirasse latéritique.

TABLEAU D'ANALYSE ET NORMES CALCULEES

Provenance et n° de l'Echantil- lon	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Perte au feu	MgO	Module silici- que	Module alumi- no fer- rique	CO ₂ Ca
Bobassa W(54)36 bis	0,55	0,40	0,71	49,90	44,42	4,70%	0,5	0,5	89 %
5 km S-W.Bangu- boujut-1957	18,8	5,49	2,74	34,55		2,62	2,2	2	61,7%
Ex-vil.Badan- gao W (60) 2068	16,12	3,79	1,81	41,16	32,87	traces	2,8	2,1	73,5
Basse Ombella W(60) 2094	6,60	0,79	1,96	28,98	47,91	11,91	2,4	0,4	51,0
Basse Ombella W(60) 2099	16,12	1,91	2,49	25,54	38,15	17,56	3,6	0,7	45,6
Ex-vil.Badangao W(60) 23	13,7	2,33	1,27	45,39	36,33	1,36	3,8	1,8	81,5
Ex-vil.Badangao W (60) 40	10,76	2,23	1,27	43,91	37,43	2,91	3,07	1,7	78
Ex-vil.Badangao W(61) 45	30,10	4,61	1,99	18,53	28,00	12,84	4,5	2,3	33,0
Ex-vil.Badangao W(61) 56	16,80	5,63	1,24	38,64	31,80	1,88	2,4	4,5	69,0
Ex-vil.Badangao W (61) 37	14,75	2,12	1,75	42,16	34,44	2,00	3,0	1,2	75,2
Ex-Vil.Badangao W (61) 61	49,55	24,90	6,50	0,60	4,39	4,19	1,5	3,8	1,0

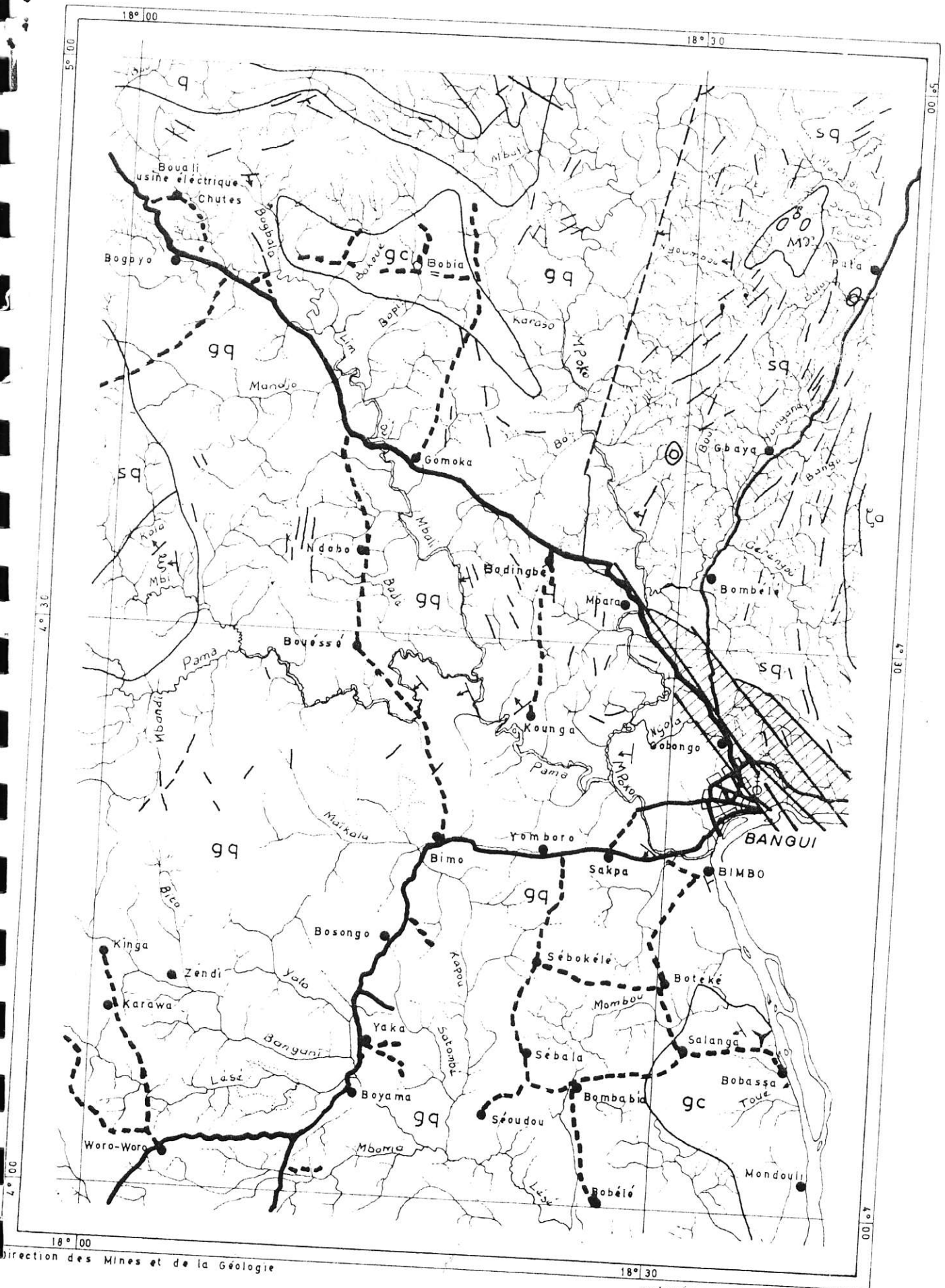
LOCALISATION DES FORMATIONS CARBONATEES DE LA REGION DE BANGUI



Réf. (J) P. 145

Echelle 1/1.000.000

Extrait de la Coupure BANGUI-0

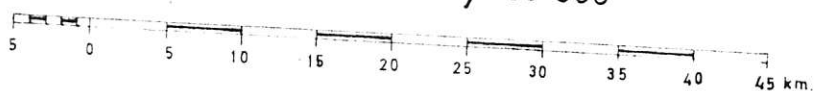


- gc
- gq
- Discor d
- sq
- s
- M
- o
- δ
- Direction
- Lignes str
- Faïlle obs
- Faïlle sup
- Kaolin
- Calcaire (po
- Mylonites

Direction des Mines et de la Géologie

calquée par P. BINGUIFARA

Echelle: 1/500.000



REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE

R E Q U E T E

Au directeur du Programme
de Développement des NATIONS UNIES

Objet: Etude de la rentabilité d'une cimenterie
de 30.000 tonnes/an, à construire dans
la région de Bangui, et fonctionnant
à partir de ressources naturelles nationales

Origine du projet
Description du projet
3 annexes
1 carte

SUMMARY

The attached request from the Government of the Central African Republic is aimed to the assistance of UNDP in the determination of the existence of limestone at Bobassa, 30 km south of Bangui sufficient to supply the contemplated cementery at Bangui or in its vicinity with a yearly capacity of 30,000 tons, and to establish the technical and economical feasibility of the project. The cementery shall be supplied almost entirely from natural resources (limestone, clay, charcoal). Now the cement is imported at a very high cost due to the river transportation conditions, that does impede the realization of Government projects regarding the improvement of people housing and road system.

The project shall consist of :

- mining investigation, by the mean of about 3,000 m of core drilling (total footage)
- technical investigations, regarding the availability of charcoal to be produced from existing saw-mills wastes and the electric-power,
- technical investigations and pilot test aimed to determine the technical feasibility of cement manufacturing from natural resources
- economical feasibility investigations and report.

The duration of the project is estimated at 21 months.

The total cost of the project is estimated at

US \$ 231,386 (at the rate of US\$ 1 = Cfa 245)

The U.N. contribution amounts at

US \$ 162,000

The Government contribution, expressed in US \$ shall be : 81,648 \$.

It shall include, expressed in Cfa (at the rate of Cfa 1 = US\$ 0.0040816)

contribution in kind	cfa 5,390,000
contribution in cash	11,610,000
contribution towards local facilities	3,003,900.

The Ministry of National Economy shall be the Government Counterpart; the Government Project Representative shall be the Director of Mines Geology of the Government./-

R E S U M E

La présente requête du Gouvernement de la République Centrafricaine a pour but de requérir l'assistance du Programme des Nations-Unies pour le Développement (PNUD), pour établir la possibilité et la rentabilité d'une cimenterie de 30.000 tonnes par an, destinée à satisfaire les besoins du pays pour 1970, et basée sur les ressources naturelles nationales ; calcaire, argile et charbon de bois. Pour le moment, le ciment est importé en totalité et le coût élevé résultant des conditions de transport par le fleuve Oubangui limite l'exécution des travaux envisagés par le Plan de Développement Economique et Social pour l'amélioration de l'habitat et du réseau routier.

Le projet comprendrait :

- des études minières tendant à établir l'existence de réserves suffisantes de calcaire à Bobassa, à 30 km de Bangui, comprenant notamment 3.000 mètres de sondages carottés,
- des études sur les ressources en charbon de bois et sa fabrication à partir de déchets de scieries, et les ressources en énergie électrique,
- des études et essais sur la fabrication du ciment,
- des études économiques (y compris le marché) et financières tendant à établir la rentabilité de la production de ciment national.

La durée du projet serait de 21 mois. Le coût total du projet est estimé à 231.386 US \$ sur la base de \$ 1 = Cfa 245 - soit au total

56.689.570 CFA

La contribution des Nations-Unies est estimée à US \$ 162.000 soit

39.690.000 CFA

La contribution du Gouvernement de la République Centrafricaine est estimée à US \$ 81.648 soit environ 20 Millions se décomposant comme suit :

- contribution en nature cfa	- 5.390.000
- contribution en espèces	- 11.610.000
- contribution pour facilités locales des experts	- 3.003.900
total en francs Cfa	<u>20.003.900.</u>

Le Ministère de contrepartie sera le Ministère de l'Economie Nationale. Le Représentant du Gouvernement pour le projet sera le Directeur des Mines et de la Géologie au Ministère de l'Economie Nationale.

ORIGINE DU PROJET

Le développement de la République Centrafricaine est considérablement gêné, notamment dans les domaines de l'amélioration de l'habitat et l'amélioration du réseau routier existant par les conditions d'approvisionnement en ciment. Ce produit est importé en totalité, soit de pays européens par Pointe-Noire, soit de Kinshasa et transporté par fleuve de Brazzaville/Kinshasa jusqu'à Bangui. Le coût de la tonne rendue Bangui dépasse 12.000 Cfa et le prix de revient aux consommateurs, en raison des divers frais et taxes d'importation ne peut descendre en dessous de 20.000 Cfa par tonne (équivalent de \$ 81.50). Malgré ces prix élevés, la consommation mensuelle n'a cessé de croître dans les dernières années : de 1.000 tonnes en 1965, elle est passée à 1.240 tonnes en 1966 et 1.570 en 1967, soit un accroissement de 25% environ par an. Dans ces conditions, les besoins de la République Centrafricaine en 1970 atteindront 30.000 tonnes l'an, entraînant un montant de coût à l'importation de 360.000.000 Cfa.

Néanmoins la consommation réelle est très inférieure à celle qui est requise pour l'accomplissement des projets du Plan de Développement Economique et Social de la République Centrafricaine. Aussi le Gouvernement a-t-il décidé depuis plusieurs années de faire procéder par la Direction des Mines et de la Géologie à la recherche de gisements de calcaire susceptibles d'approvisionner une cimenterie locale capable de pourvoir aux besoins de la République Centrafricaine à un coût inférieur à celui du ciment d'importation. Les études faites dans ce sens ont porté sur :

- l'existence des gisements de calcaire et d'argile et l'importance de leurs réserves,
- le coût d'extraction du calcaire,
- la possibilité de fabrication du calcaire en utilisant le charbon de bois, combustible disponible sur place en quantité importante.

Les résultats de ces études, encore incomplètes ont été revus et condensés ci-après avec l'assistance de Mr. A. SAVORNIN, Consultant du PNUD envoyé en mission en République Centrafricaine.

Les gisements de calcaire. Le seul gisement de calcaire convenant à la fabrication de ciment se trouve à Bobassa, environ 30 km en aval de Bangui. Les autres gisements connus renferment des calcaires dolomitiques impropres à cette industrie. Les études ont consisté en puits, en tranchées, en sondages (68 sondages représentant 498 m exécutés par le BRGM) enfin en études géophysiques par le procédé des trainées de résistivité électrique exécuté par l'Office de Recherches Scientifiques et Techniques d'Outre-Mer (ORSTOM).

Sur une surface d'environ 20.000 m² il a été établi que les réserves se montent au minimum à 230.000 tonnes, susceptibles d'être exploitées en période de basses eaux au-dessus du niveau permanent hydrostatique (292 m au-dessus du niveau de la mer). Néanmoins ce tonnage ne suffirait à alimenter une cimenterie de 30.000 tonnes par an que durant environ 6 ans, chiffre insuffisant pour amortir convenablement une installation de ce genre. L'exploitation des calcaires au-dessous du niveau hydrostatique sur une épaisseur de 3 à 4 m, possible en employant des moyens mécaniques, permettrait d'augmenter ces réserves d'environ 200.000 tonnes, soit cinq ans de plus, portait à 11 ans les réserves du gîte actuellement reconnu. Ce chiffre est encore insuffisant et il est nécessaire d'entreprendre des recherches par sondages sur l'extension géologique du gisement vers le Nord-Est, où d'ailleurs un puits foré pour recherche d'eau a retrouvé les calcaires à environ 15 km au Sud-Ouest de Bangui.

L'extension des réserves jusqu'à 1.000.000 tonnes au-dessus de la côte 292, ou à la rigueur jusqu'à la côte 287 ou 288 doit être établie par sondages. Il est possible d'ailleurs qu'en s'éloignant des rives du fleuve Oubangui le niveau hydrostatique s'approfondisse, augmentant ainsi le chiffre des réserves exploitables en carrière.

De nombreuses analyses, dont 36 sur échantillons de sondages, ont établi que la qualité du calcaire est convenable pour la fabrication du ciment (moins de 2% de magnésie et moins de 4% de silice).

Les gisements de produits accessoires. - Il a été estimé que l'argile doit être incorporée pour environ 23% au calcaire pour la production du ciment. Des argiles convenables existent dans les terrains de recouvrement et peuvent par conséquent être extraites dans la même carrière sans frais spéciaux.

Le gypse n'est pas connu dans le territoire de la République Centrafricaine - mais la cimenterie ne consomme qu'environ 4% de gypse et au moins provisoirement, ce produit devra être importé.

Le coût d'extraction du calcaire. - Des études préliminaires ont été faites en 1962, en admettant une mécanisation partielle des travaux. Le coût du mètre cube de calcaire ne devrait pas dépasser 1.500 Cfa, soit 600 Cfa par tonne. Ces études sont à reprendre entièrement, sur la base des travaux d'exploitation mécanisée (décapage du stérile au bull-dozer, forage au wagon-drill, chargement par dragline ou scraper, transport par dumpers) de façon à permettre l'extraction en-dessous du niveau hydrostatique. La cadence devrait être telle que la totalité des 12 mois de consommation de la cimenterie soit extraite et stockée durant les 4/6 mois de saison sèche, soit une cadence journalière de 320 à 480 tonnes/jour.

La possibilité d'emploi du charbon de bois. - Si la cimenterie utilisait un four tournant, la capacité envisagée serait en dessous de la capacité industrielle minimum de ce type d'appareils, à moins de coût d'investissement par tonne anormalement élevé.

En outre le combustible (fuel oil) devrait être importé, entraînant un coût excessif de l'ordre de 1.500 à 2.000 F/Cfa par tonne. La production de quantités limitées de ciment s'accommode très bien de l'emploi de fours à cuve verticaux, dont la capacité industrielle minimum est de 60 tonnes/jour. Un four de 100 tonnes/jour conviendrait donc à satisfaire les besoins du pays. Dans ce cas, le combustible doit être un combustible solide et le charbon de bois peut convenir. Un avant-projet étudié en 1964 par la firme KLOCKNER Industrien Anlagen, GmbH, Duisbùrg, (République Fédérale d'Allemagne) pour une capacité de 30.000 tonnes/an a établi que le charbon de bois peut-être employé pour la fabrication du ciment au lieu de charbon minéral.

Le charbon de bois pourrait être produit facilement et économiquement en carbonisant sur place les déchets de bois des grandes scieries installées sur la rivière Lobaye, reliée toute l'année à Bangui par rivière et fleuve navigables. La production de 40.000 m³ de bois scié laisse un volume égal de déchets qui suffirait à la production du charbon de bois nécessaire à la fabrication de 30.000 tonnes de ciment.

Le rapport de la firme KLOCKNER a recommandé que des essais pilote portant sur une tonne de matières premières (calcaire et argile) et 1 tonne de charbon de bois soient faites au Laboratoire de la KHD (KLOCKNER-HUMBOLDT-DEUTZ) pour fixer les conditions optima de marche. Il a été aussi indiqué qu'une cimenterie à four tournant coûterait de l'ordre de DM 8.000.000 soit environ 500.000.000 Cfa ou \$ 2.000.000, mais que ce coût serait notablement réduit si l'on employait un four à cuve.

L'énergie électrique - L'énergie électrique requise pour un four tournant est de l'ordre de 110 Kwh par tonne de ciment. D'une première enquête faite auprès de la Société Distributrice, il résulte que l'énergie nécessaire à une cimenterie à four tournant (500 Kva installés) pourrait-être fournie à un prix acceptable, en haute tension (Cfa 10,40 par Kwh) par le réseau existant provenant de la centrale hydro-électrique de Bouali, dont l'augmentation de capacité de 7.000 à 10.000 kw va être réalisée dans les années prochaines. Naturellement les besoins en énergie seraient inférieurs en employant le four à cuve et des discussions ultérieures pourraient conduire à des réductions sensibles de tarif pour des quantités importantes de courant industriel H.T.

Dans de telles conditions on peut provisoirement estimer que les frais directs de fabrication (produits crus, énergie, combustible, main-d'oeuvre) atteindraient de 3.500 à 4.000 Cfa par tonne, de ciment. En admettant un montant égal pour les charges d'amortissement, on pourrait produire du ciment à moins de la moitié du prix de vente actuel à Bangui. Les études complémentaires préalables à la réalisation d'un tel projet sont donc parfaitement justifiées.

L'importance de la production du ciment pour l'amélioration de l'habitat et du réseau routier secondaire afin de le rendre praticable en toute saison, la possibilité de constructions industrielles sans les limitations dues au prix élevé du ciment, le montant limité des investissements à engager font les études préliminaires minières, industrielles et financières les éléments d'un projet réduit qui rentre dans le cadre des critères des projets de pré-investissement définis par le Fonds Spécial des Nations-Unies.

Conformément à la recommandation de la Direction des Mines et de la Géologie et du Consultant des Nations-Unies, le Gouvernement dépose auprès du Directeur des Programmes de Développement des Nations-Unies une requête pour établir la rentabilité d'une cimenterie d'environ 30.000 tonnes/an alimentée par les ressources naturelles du pays : calcaire, argile et charbon de bois.

L'exécution de ce projet, dont le détail est donné ci-après, serait confiée à l'Agence d'Exécution désignée par le PNUD, l'organisme de contre partie sera le Ministère de l'Economie Nationale et le Directeur des Mines et de la Géologie sera nommé Représentant permanent du Gouvernement pour le projet. Le coordinateur du projet sera le Chef du Service des Mines, employé seulement à mi-temps, en raison de l'ampleur limitée des opérations.

La construction de la cimenterie, si les études de rentabilité montrent que l'on peut produire du ciment à un prix largement inférieur au prix de vente du ciment importé, sera confiée, selon les possibilités à étudier soit à un organisme d'Etat soit à une société d'économie mixte. Le financement, pour la fraction à dépenser en dehors du territoire de la République Centrafricaine, sera soumis aux organismes internationaux de financement et de crédit, la Banque Mondiale et le Fonds Européen de Développement.

Le projet

A.- But final du projet -

Le but final du projet est d'établir la rentabilité de la fabrication du ciment à partir de ressources naturelles nationales (calcaire, argile, charbon de bois) pour une production qui, en première phase doit atteindre 30.000 tonnes par an, chiffre de consommation projeté en 1970. La production de ciment national permettra de réduire, sinon de supprimer les importations de ciment dont dépendent dans une large mesure l'amélioration de l'habitat, l'amélioration du réseau routier et en général toutes constructions prévues dans le Plan de Développement Economique et Social de la République Centrafricaine.

B.- Exécution du projet. Le projet comprend les différentes études suivantes.

B.1. Etudes minières sur le gisement de calcaire de Bobassa.

Les études minières ont pour but d'établir l'existence de réserves minimum de 1.000.000 de tonnes de calcaire situées au-dessus du niveau hydrostatique de saison sèche (Côte 292) ou d'une façon plus générale, situées à moins de 4 mètres en dessous de ce niveau profondeur où il est estimé que l'extraction par moyens mécaniques sera possible en saison sèche.

La base topographique du travail de prospection sera constituée par les photos aériennes de la région et par la carte de Bangui au 1/50.000, disponible en stéréo minute.

Après repérage des affleurements connus, la recherche de calcaire et de ses extensions en direction seront entreprises par sondage au diamant carottés d'un diamètre minimum dimension N, jusqu'à une profondeur suffisante pour établir les variations de niveau du sommet du banc calcaire, estimée à 40 ou 50 mètres. Une première reconnaissance sera faite par ligne de 3 ou 4 sondages, perpendiculaires à la direction du banc (N 150° E), espacées de 1 km. Le détail sera exécuté par lignes resserrées en fonction des résultats de la reconnaissance. La profondeur totale à forer est estimée à :

- en reconnaissance	:	1.000 mètres
- en développement	:	2.000 mètres
		<hr/>
- total		3.000 mètres.

Les sondages seront entièrement carottés; les échantillons d'argile et de calcaire seront analysés en vue de déterminer leur aptitude à la fabrication du ciment. Les bancs de latérite rencontrés dans la couverture superficielle seront répertoriés, en vue de prévoir une possibilité de production accessoire de matériaux d'empierrement lors de l'exploitation du calcaire.

Les analyses seront faites au Laboratoire de la Direction des Mines et de la Géologie à Bangui et des analyses de contrôle seront faites dans des Laboratoires extérieurs.

B.2- Autres études techniques concernant les ressources naturelles.

- i) charbon de bois.- La possibilité de fabrication du charbon de bois en utilisant les déchets des scieries de la région, notamment celles de la rivière Lobaye, seront faites par un Consultant appointé pour deux mois. On en déduira le procédé de fabrication le plus économique et le coût du combustible par tonne rendu Bobassa.
- ii) énergie électrique.- Il sera procédé à une enquête détaillée par un Consultant recruté à cet effet sur la possibilité d'acheter le courant électrique nécessaire à la cimenterie à partir du réseau existant, ou tel qu'il sera étendu en 1970. En particulier le coût du Kwh haute tension devra être étudié et la possibilité d'un prix spécial pour gros consommateurs envisagés.
- lii) l'approvisionnement en gypse ou plâtre, à partir de l'importation sera étudié, à moins que, durant les opérations du projet, la Direction des Mines et de la Géologie ait pu indiquer l'existence d'un gisement de gypse, même de petite dimension.

B.3- Etudes de la fabrication du ciment.- Ces études seront faites sous contrat. Après une série d'études de Laboratoire, il est envisagé d'extraire un certain tonnage, pouvant atteindre 1 tonne de calcaire/argile, pour un essai de démonstration à une échelle pilote. De telles études aboutiront à la sélection du procédé le plus recommandable, qui pourra être soit un four à cuve alimenté en charbon de bois, soit un petit four tournant chauffé au fuel oil d'importation.

B.4- Etudes économiques et financières.- Ces études seront faites par un Consultant qualifié, et porteront sur :

- i) une étude du marché actuel du ciment en République Centrafricaine et les Etats immédiatement voisins : Tchad, Cameroun, Congo-Brazzaville, compte-tenu des productions attendues de la cimenterie projetée à Loutété (Congo-Brazza). Une projection des besoins locaux et régionaux sera estimée pour les années 1975 et 1980, de façon à établir si la cimenterie de 30.000 tonnes/an ne devra pas être prévue pour une extension déterminée dans un délai assez rapproché.

- ii) - une étude générale de rentabilité, investissements engagés, coût du produit, remboursement des emprunts.

B.5- Programme d'exécution et durée du projet -

Il est proposé de réaliser les opérations décrites ci-dessus en trois périodes :

- période I - six mois, consacrée à la préparation des travaux, achat et expédition du matériel nécessaire, recrutement des Experts.
- période II - douze mois, durant lesquels la campagne de sondages sera exécutée, ainsi que les analyses et les premiers essais de laboratoire sur le traitement du calcaire. Durant cette période, les études complémentaires (charbon de bois, énergie, ressources en gypse seront aussi réalisées, de façon que l'essai-pilote de traitement puisse avoir lieu en fin de cette période.
- période III - cette période finale sera consacrée à l'étude économique et financière de rentabilité et à la préparation du rapport final (trois mois).

La durée totale du projet est ainsi estimée à 21 mois -

C - PARTICIPATION DE L'O.N.U. -

La participation requise des Nations-Unies consiste en :

- c.1 - Experts - 1 géologue-chef de projet (géologue minier) pour 21 mois
 - 1 chef sondeur pour 12 mois
 - des consultants pour un total de 7 mois.
- c.2 - Boursiers : 1 boursier prospection pour 6 mois
1 boursier sondages pour 6 mois
- c.3 - Matériel : Le matériel demandé aux Nations-Unies est détaillé en annexe I.
La liste du matériel de laboratoire sera fournie ultérieurement.
- c.4 - Sous-contrats - Il est proposé de faire exécuter les analyses de contrôle et les essais de traitement (laboratoire et pilote) sous contrats avec des firmes spécialisées.
- c.5 - Dépenses diverses . -

.../...

D. - PARTICIPATION DU GOUVERNEMENT -

d.1 Personnel. Le Gouvernement fournira, en dehors du Représentant du Gouvernement (le Directeur des Mines et de la Géologie) : voir annexe II

1- coordinateur du projet, qui sera le chef du Service des Mines, employé pour le projet seulement à mi-temps, en raison de l'importance limitée des opérations.

2- sondeurs et 3 prospecteurs, déjà entraînés par la Direction des Mines et de la Géologie.

Le personnel subalterne à recruter :

- 1 clark
- 1 dactylographe
- 1 assistant-comptable
- 4 chauffeurs
- 2 mécaniciens
- 20 manoeuvres
- 2 assistants de laboratoire -

D.2 - Terrains et bâtiments. Le Gouvernement fera son affaire de l'occupation des parcelles de terrain nécessaires à l'exécution des travaux de recherches. Il mettra à la disposition du projet un bureau pour le Directeur du projet, ainsi que les magasins et garages nécessaires pour le matériel.

Le laboratoire sera installé dans une annexe du bâtiment actuel du service de la géologie.

D.3- Matériel et fournitures.- Le Gouvernement mettra à la disposition du projet les cartes photos aériennes et documents nécessaires aux opérations. Il fournira le matériel de campement nécessaire au personnel local ainsi que les fonds requis pour l'achat de carburants, lubrifiants et à l'exécution par les ateliers existant à Bangui des travaux d'entretien et de réparation des véhicules et sondeuse.

D.4- Transports internes.- Une provision est prévue en vue de subvenir aux dépenses de transport interne du matériel jusqu'à Bangui et au lieu de travail, ainsi qu'au transport interne des échantillons destinés aux analyses et essais à l'extérieur.

E - PREVISIONS - BUDGETAIRES -

Les prévisions budgétaires du projet, pour une durée de 21 mois, sont basées sur les données ci-dessus et détaillées dans l'annexe III.

.../...

F - POURSUITE DU PROJET -

Le Gouvernement se propose de procéder à la construction de la cimenterie envisagée dès que le rapport final sera établi, pourvu que le coût du ciment soit largement inférieur à celui du ciment présentement importé. En principe l'exploitation de la cimenterie sera assurée par une société locale.

Au cas où une société privée ne serait pas susceptible d'entreprendre l'affaire il est considéré de constituer une société d'Etat, avec un contrat de gérance avec une société technique étrangère pour un délai suffisant à assurer la formation de personnel technique national.

Le financement de l'opération sera assuré, pour la part des dépenses d'investissement en monnaie locale, soit par des capitaux privés nationaux, soit par un crédit d'Etat. La part en monnaie étrangère devra être assurée par des emprunts et le Gouvernement se préparera à discuter avec les organismes internationaux de crédit, comme la Banque Mondiale ou le Fonds Européen de Développement.

Cimenterie R.C.A.

A N N E X E I

MATERIEL A FOURNIR PAR L'O.N.U.

<u>Désignation</u>	<u>Quantité</u>	<u>Valeur estimée (en U.S.\$)</u>
Sondeuse au diamant, capacité 100 m en N	1	10,000
Pièces et bits pour 3.000 m		10,000
Véhicules:		
Land rover chassis long	1	3,000
Pickup 800 Kg	1	3,000
Camion 2 ponts 5 t (°)	1	5,000
Pièces de rechange véhicule		
Matériel analyses (°°)		20,000

Note (°): Il serait souhaitable d'approvisionner un camion Mercédès pour assurer l'homogénéité du parc de la Direction des Mines.

Note(°°): Ce matériel est destiné à compléter le laboratoire rudimentaire de la Direction des Mines pour faire les analyses en relation avec le projet : chaux, silice, alumine, magnésie, perte au feu. La liste en sera établie au cours de la période préparatoire.

Cimenterie Bangui (R.C.A)

A N N E X E II

PERSONNEL A FOURNIR PAR LE GOUVERNEMENT

Désignation	Salaire mensuel (C.F.A) y.c. frais de déplacement
a) <u>Personnel technique</u> (détaché des cadres permanents)	
1 Coordinateur de projet (à mi-temps)	80.000
2 Sondeurs	20.000
3 Prospecteurs	20.000
b) <u>Autre personnel</u> (à recruter)	
1 clark	20.000
1 Assistant-comptable	20.000
1 Dactylographe	15.000
4 Chauffeurs	15.000
2 Mécaniciens	15.000
10 Manoeuvres spécialisés (sondes)	5.000
10 Manoeuvres non spécialisés	3.000
2 Aides de laboratoire	15.000

A N N E X E III
PREVISIONS BUDGETAIRES

A. Services et facilités à fournir par les NATIONS UNIES

<u>signation</u>	<u>:total : mois/hom/du projet</u>	<u>coût total : du projet</u>	<u>Période I : six mois</u>	<u>Période II : 12 mois</u>	<u>Période III : 3 mois</u>
<u>Experts</u>					
Géologue-Chef de projet	21	43,750	12,500	25,000	6,250
Chef-sondeur	16	24,000	3,000	18,000	3,000
Consultants	7	14,000	-	10,000	4,000
Total experts	<u>44</u>	<u>81,750</u>	<u>15,500</u>	<u>53,000</u>	<u>13,250</u>
<u>Bourses d'études</u>					
Prospection	6	2,500	2,500	-	-
Sondages	6	2,500	2,500	-	-
Total bourses	<u>12</u>	<u>5,000</u>	<u>5,000</u>	<u>-</u>	<u>-</u>
<u>Matériel</u>					
Sondeurs 100 m		10,000	10,000	-	-
Rechanges sondeuse		10,000	2,000	8,000	-
Véhicules: Landrover		3,000	3,000	-	-
Pickup 800kg		3,000	3,000	-	-
Camion 5 t		5,000	5,000	-	-
Rechanges		2,000	-	2,000	-
Matériel laboratoire		<u>20,000</u>	<u>15,000</u>	<u>5,000</u>	<u>-</u>
Total matériel		<u>53,000</u>	<u>38,000</u>	<u>15,000</u>	<u>-</u>
<u>Sous-contrats</u>					
Analyses à l'étranger		5,000	-	4,000	1,000
Essais-pilote		<u>10,000</u>	<u>-</u>	<u>10,000</u>	<u>-</u>
Total sous-contrats		<u>15,000</u>	<u>-</u>	<u>14,000</u>	<u>1,000</u>
<u>Dépenses diverses</u>					
		7,250	1,250	4,000	2,000
<u>TOTAL COUT DU PROJET</u>					
UN Contribution (en US \$)		162,000	59,750	86,000	16,250
<u>Dont: 15 % du coût des</u>					
Experts pour facilités locales (en US \$)		12,262	2,325	7,950	1,987

B. Services & facilités à fournir
par le Gouvernement

B. Services et facilités à fournir par le Gouvernement en F/CFA

a) Contribution en nature

<u>Désignation</u>	<u>Total</u> <u>mois/hom.</u>	<u>coût total</u> <u>du projet</u>	<u>période I</u> <u>six mois</u>	<u>période II</u> <u>12 mois</u>	<u>période II</u> <u>3 mois</u>
<u>1. Personnel Technique</u>					
Coordinateur	(1) 21	840,000	240,000	480,000	120,000
Sondeurs	(2) 24	480,000	-	480,000	-
Prospecteurs	(3) 36	720,000	-	720,000	-
S/total personnel	81	2,040,000	240,000	1,680,000	120,000
<u>2. Bureaux laboratoire et garage</u>					
		2,700,000	450,000	1,800,000	450,000
<u>3. Matériel</u>					
Cartes et documents		100,000	100,000	-	-
Campement et outils		550,000	500,000	50,000	-
S/total matériel		650,000	600,000	50,000	-

b) Contribution en espèces

<u>Désignation</u>	<u>Total</u> <u>mois/hom.</u>	<u>coût total</u> <u>du projet</u>	<u>période I</u> <u>six mois</u>	<u>période II</u> <u>12 mois</u>	<u>période II</u> <u>3 mois</u>
<u>1. Personnel (autres)</u>					
Clark	(1) 21	420,000	120,000	240,000	60,000
Asst-comptable	(1) 21	420,000	120,000	240,000	60,000
Dactylographe	(1) 21	315,000	90,000	180,000	45,000
Chauffeurs	(4) 72	1,080,000	180,000	720,000	180,000
Mécaniciens	(2) 24	360,000	-	360,000	-
Manoeuvres spécialisés	(10) 120	600,000	-	600,000	-
Manoeuvres non spécialisés	(10) 138	414,000	36,000	360,000	18,000
Aides Labo.	(2) 30	450,000	-	360,000	90,000
S/total personnel	447	4,059,000	546,000	3,060,000	453,000
<u>2. Equipement et fournitures</u>					
Carburants et lubrifiants		3,400,000	400,000	2,400,000	600,000
Entretien véhicules		2,650,000	50,000	2,000,000	600,000
S/total équip. et fournit.		6,050,000	450,000	4,400,000	1,200,000
<u>3. Transports internes</u>					
		700,000	100,000	500,000	100,000
<u>4. Dépenses diverses</u>					
		801,000	201,000	500,000	100,000

TOTAL, contribution en espèces

11,610,000 1,297,000 8,460,000 1,853,000

TOTAL, contribution en nature

5,390,000 1,290,000 3,530,000 570,000

Désignation	Cout total du projet	période I	Période II	Période III
		<u>6 mois</u>	<u>12 mois</u>	<u>3 mois</u>
c) <u>Contribution du Gouvernement</u> <u>aux facilités locales des Experts</u>				
15% du cout des Experts (en Frs. C.F.A.)	3,003,900	568,400	1,947,750	487,750

C. RESUME DU BUDGET

<u>Contribution du Gouvernement</u> <u>(en C.F.A.)</u>				
en nature	5,390,000	1,290,000	3,530,000	570,000
en espèces	11,610,000	1,297,000	8,460,000	1,853,000
Facilités loc.	3,003,900	568,400	1,947,750	487,750
O T A L	<u>20,003,900</u>	<u>3,155,400</u>	<u>13,937,750</u>	<u>2,910,750</u>
<u>Mont, total en espèces</u>	14,613,900	1,865,400	10,407,750	2,340,750

) Budget total exprimé en US \$

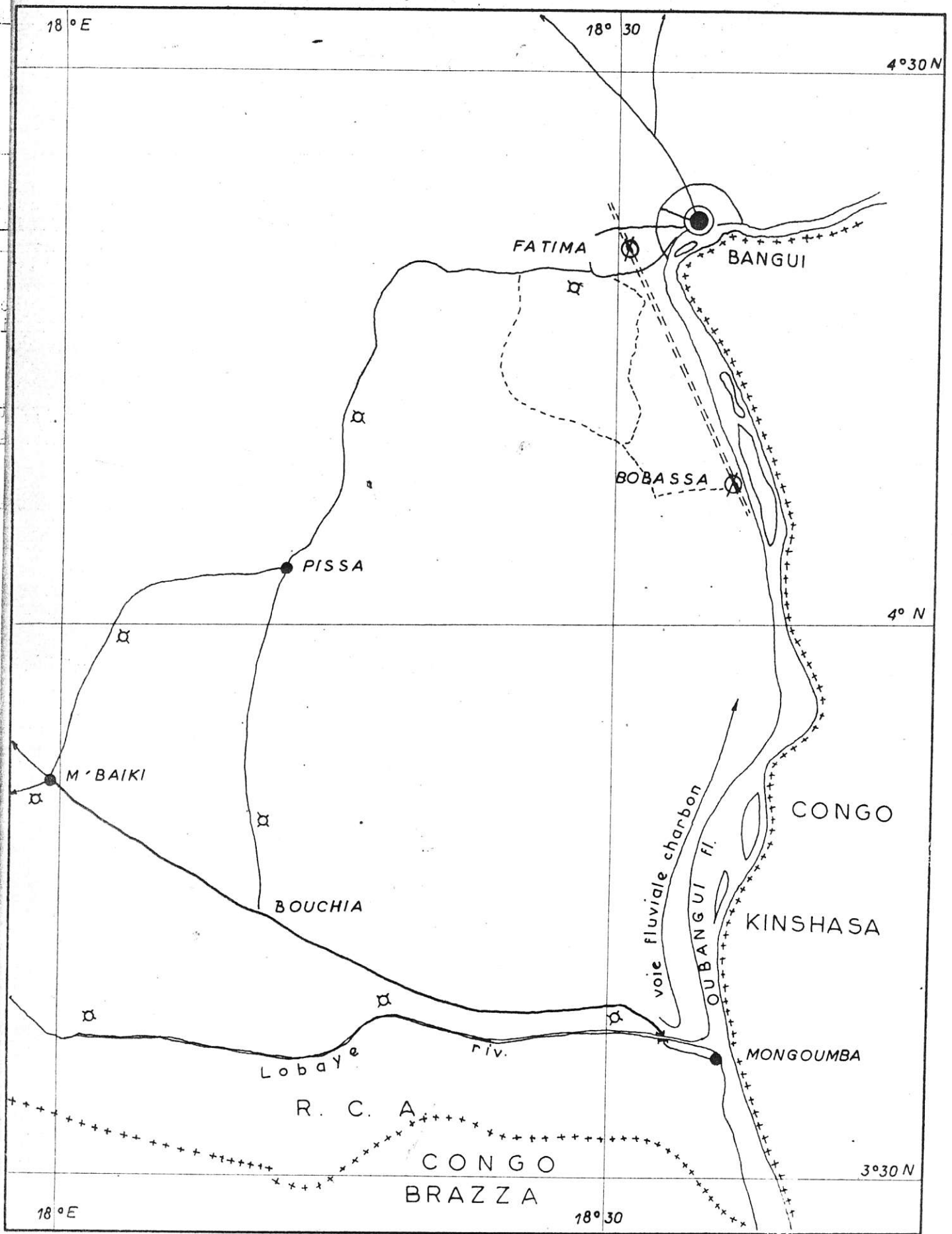
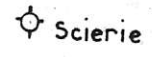
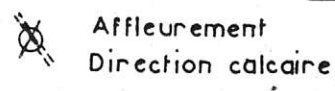
Contribution des N.U.	162,000	59,750	86,000	16,250
Contribution du Gouvernement:				
en nature	21,999	5,265	14,408	2,326
en espèces	47,387	5,294	34,530	7,563
Facilités loc.	<u>12,262</u>	<u>2,325</u>	<u>7,950</u>	<u>1,987</u>
total Gouverne- ment	81,648	12,884	56,888	11,876

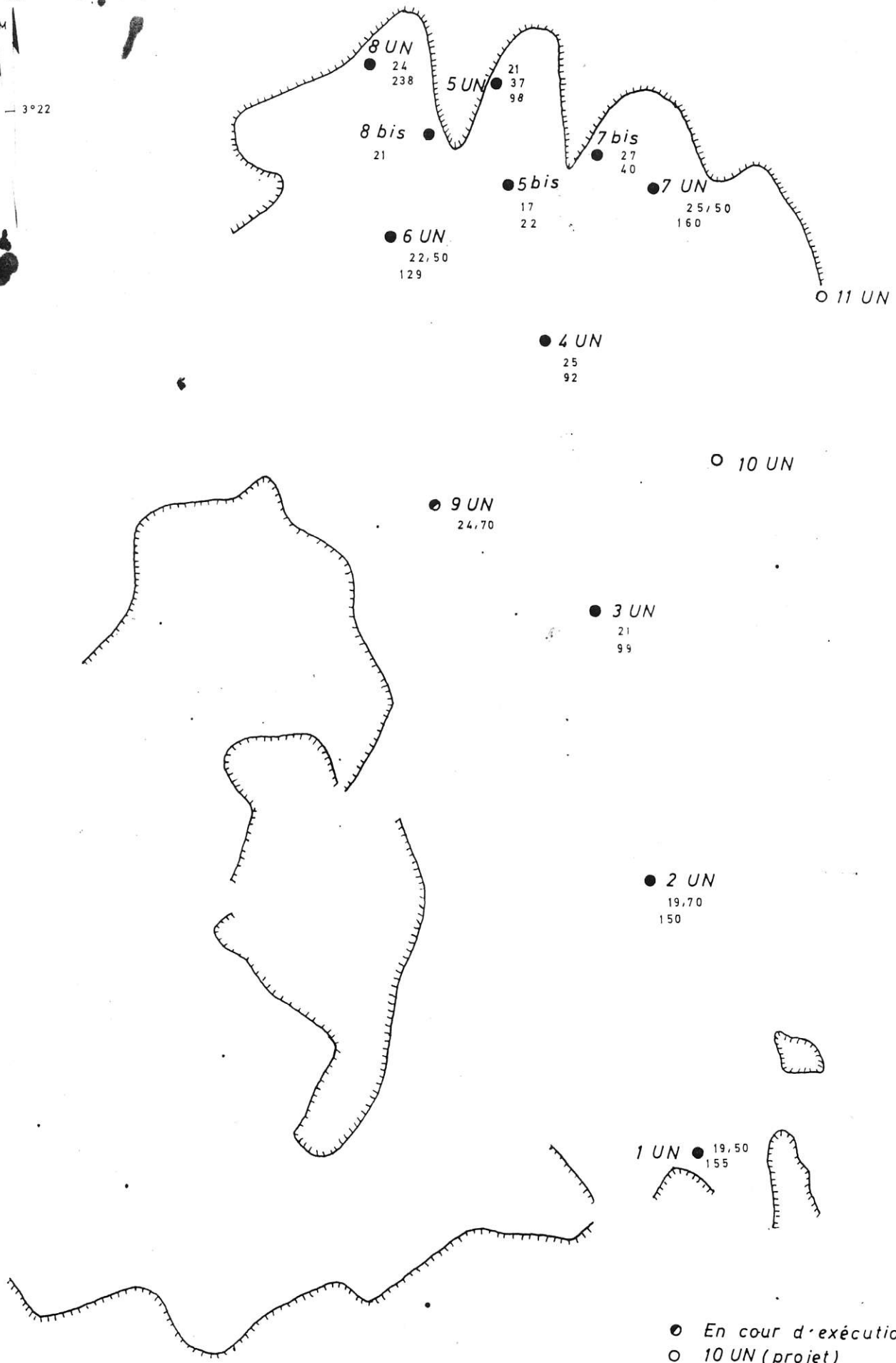
DEPENSES TOTALES DU BUDGET

(en U.S.\$) 231,386 70,309 134,938 26,139

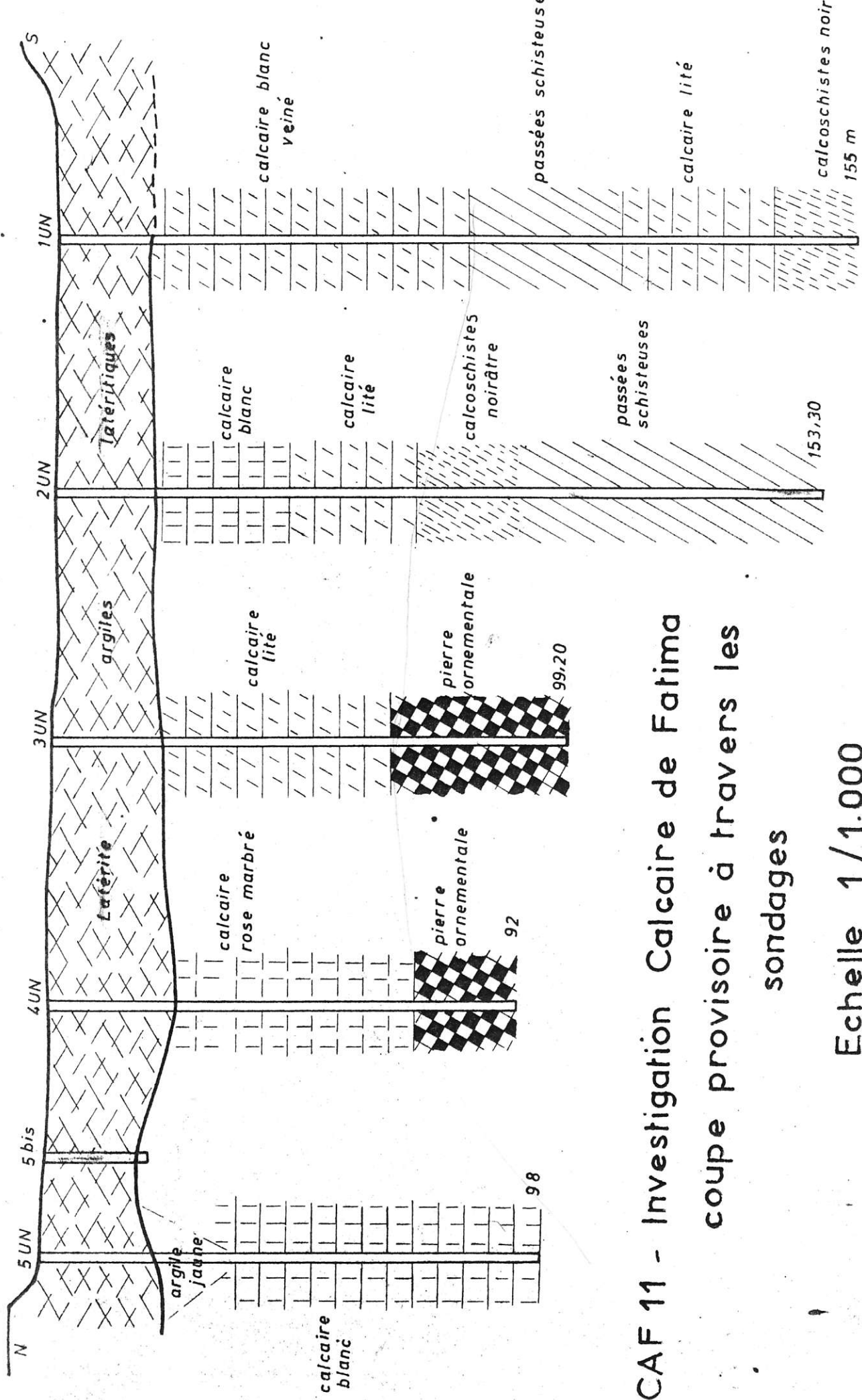
Note : Les calculs de conversion en US \$ sont faits sur la base de :

1 US \$ = C.F.A. 245
1 C.F.A = US \$ 0.0040816





● En cours d'exécution
 ○ 10 UN (projet)
 ● (épaisseur stériles
 exécutés (profondeur atteinte)



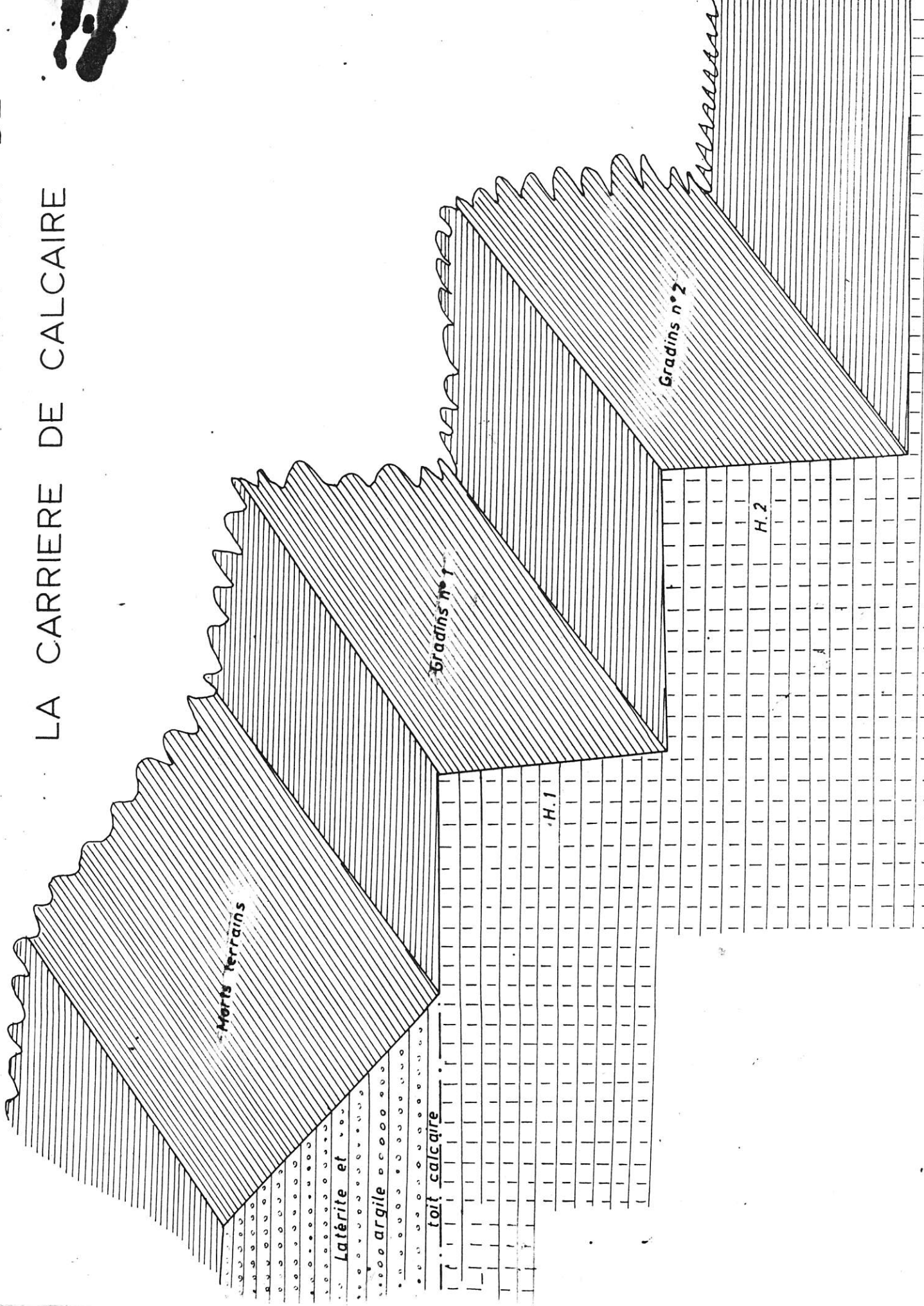
CAF 11 - Investigation Calcaire de Fatima

coupe provisoire à travers les sondages

Echelle 1/1.000

CAF-11 SCHEMA DU PROJET D'EXPLOITATION DE

LA CARRIERE DE CALCAIRE



le
Documentation
de 1981/1986

9/1/96
DGN JEL

GERE
Documentation
le 15-1-96
P

ALVAREZ Ph., 1995. Evidence for a Neoproterozoic carbonate ramp on the northern of the Central African craton: relations with Late Proterozoic intracratonic troughs. *Geologische Rundschau*, 84, 636-648.

Version française

Mise en évidence d'une rampe carbonatée au Néoprotérozoïque sur la bordure septentrionale du craton d'Afrique centrale. Relations avec le réseau des fossés intracratoniques d'âge protérozoïque supérieur

Philippe ALVAREZ

Projet CARBONATE, Faculté des Sciences, B.P. 934, Bangui, Centrafrique

9/1/96
DGN
JEL

Résumé - Au Protérozoïque supérieur, le craton archéen d'Afrique centrale est effondré par un réseau de fossés intracratoniques dont l'aulacogène de la Sangha est la pièce maîtresse. Ce long sillon transversal relie des fossés situés à la périphérie septentrionale et méridionale du craton. Au Cryogénien, des dépôts détritiques fluvio-deltaïques ou lacustres, mis en place en contexte glaciaire, comblent ce réseau de bassins. La transgression glacio-eustatique du Néoprotérozoïque III inonde ensuite de vastes plates-formes où s'organisent des rampes carbonatées avec barrières, plates-formes externes et lagunes évaporitiques, de type rampe Schisto-calcaire ouest-congolienne.

Au Nord du craton d'Afrique centrale, la rampe Nord-Afrique centrale fournit un exemple de rythmites tidales déposées en accréation verticale, au pied de la barrière sur la plate-forme externe infralittorale. Le traitement mathématique des données permet de mettre en évidence des cycles-lunaires à 29-30 jours, compatibles avec les données astrophysiques admises vers 650 Ma. Sur la plate-forme faiblement pentée vers le Sud, la subsidence forte et l'existence de séismes, liées à la proximité de l'aulacogène de la Sangha, favorisent le déplacement gravitaire de calciturbidites. La prolifération algale assure la production du stock primaire de carbonate, en domaine euphotique, et les courants de flot collectent, concentrent et répartissent le matériel sur une aire proximale, toujours infratidale et peu profonde.

Au début du Néoprotérozoïque III, les rampes carbonatées ouest-congolienne et Nord Afrique centrale progradent, respectivement vers le NE et vers le Sud, c'est à dire vers l'aulacogène de la Sangha. Les mers se rétractent dans ce long sillon tectoniquement actif où se localise une mer résiduelle paléozoïque.

Un modèle global est proposé dans lequel les formations carbonatées d'âge protérozoïque supérieur de la périphérie du craton d'Afrique centrale sont interprétées comme un ensemble de rampes progradantes dirigées vers l'aulacogène de la Sangha.

Mots-clés - Rythmites tidales, calciturbidites, séismes, rampes carbonatées d'Afrique centrale, aulacogène de la Sangha, Protérozoïque supérieur, Centrafrique, Zaïre, Cameroun, Congo.

Vu le 22.01.96
JEL

I. INTRODUCTION

En Afrique centrale, les formations attribuées au Protérozoïque supérieur forment une auréole discontinue à la périphérie de l'immense craton d'Afrique centrale (fig. 1A et B) où elles sont rattachées à deux grandes unités lithostratigraphiques :

- dans le quart sud-ouest, le Supergroupe Ouest-congolien (DADET, 1969 ; CAHEN, 1978 ; BOUDZOUMOU et TROMPETTE, 1988 ; ALVAREZ, 1994) du Bas-Congo (Sud-Congo, Bas-Zaïre, Angola, Gabon et Guinée Equatoriale) ;

- au Nord, à l'Est et au SW, le Supergroupe du Lindien du Nord-Zaïre (VERBEEK, 1970) dont on trouve des équivalents dans les Formations d'âge protérozoïque supérieur de la République centrafricaine (POIDEVIN, 1985 ; CORNACCHIA et GIORGI, 1986) et du Shaba (Katanga, SE-Zaïre).

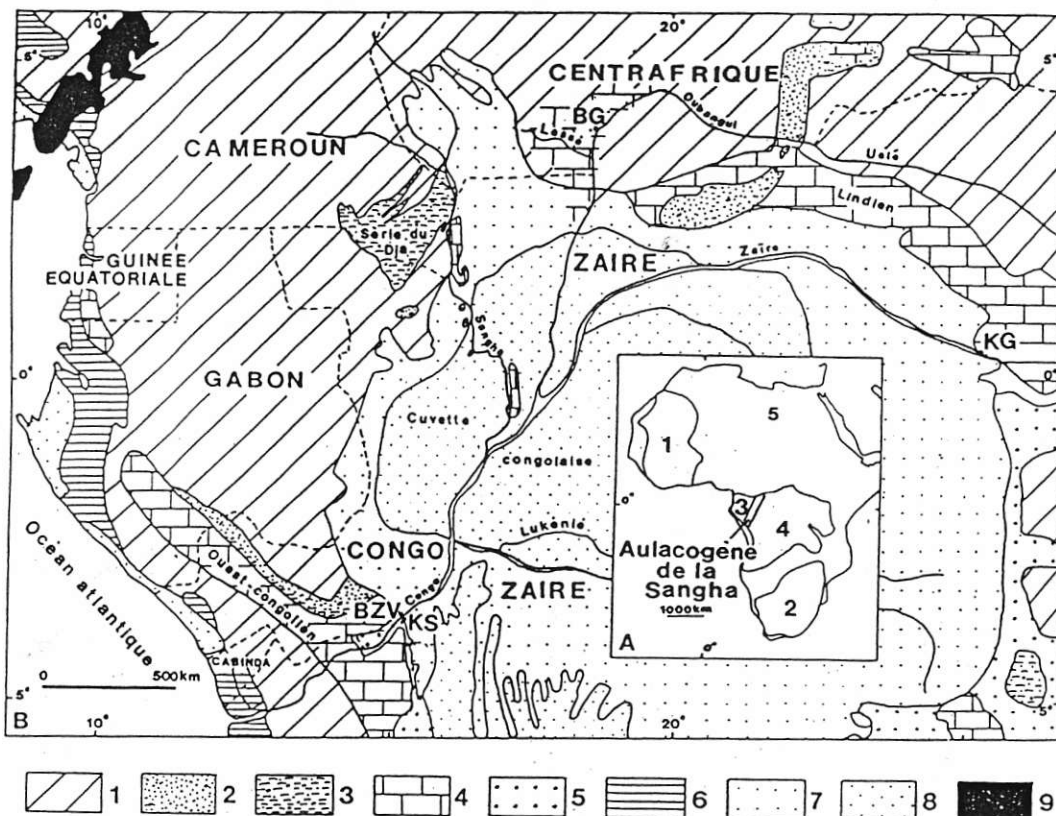


Figure 1A - Principaux cratons archéens en Afrique et localisation de l'aulacogène de la Sangha en Afrique centrale.

1- Craton d'Afrique de l'Ouest ; 2. Craton du Sud de l'Afrique ; 3 & 4. craton d'Afrique centrale (3. Craton du Chaillu-Ntem ; 4. Craton du Congo-Zaïre) ; 5. Craton nilotique.

1B - Carte géologique simplifiée de l'Afrique centrale et zones d'affleurement des séries d'âge protérozoïque supérieur

BG. Bangui ; BZV. Brazzaville ; KG. Kisangani ; KS. Kinshasa.

1. Socle indifférencié archéen et protérozoïque inférieur et moyen ; 2. Formations fluvio-deltaïques d'âge protérozoïque supérieur ; 3. Formations glaciaires d'âge protérozoïque supérieur ; 4. Rampe Schisto-calcaire et formations carbonatées de la Sangha (Supergroupe Ouest-congolien), formations carbonatées du Centrafrique, du Nord-Zaïre (Supergroupe du Lindien) et de l'Est-Zaïre ; 5. Formations arkosiques paléozoïques ou permo-triasiques (Karroo) ; 6. Mésozoïque, Tertiaire et Quaternaire marin ; 7. Jurassique et Crétacé continental ; 8. Dépôts récents ; 9. Séries volcaniques crétacées, tertiaires et quaternaires.

Les formations d'âge protérozoïque supérieur affleurent également au centre du craton d'Afrique centrale, au SE du Cameroun (Série du Dja, BESSOLES et TROMPETTE, 1980), et au Nord-Congo, le long de la Basse-Sangha (DENAEYER, 1928 ; BESSOLES et TROMPETTE, 1980 ; POIDEVIN, 1985). Nous verrons qu'elles sont aussi reconnues ou supposées, dans des zones effondrées du craton, masquées par les dépôts récents et la forêt équatoriale de la cuvette congolaise (cuvette centrale du Zaïre).

A. LE RÉSEAU DES FOSSES INTRACRATONIQUES D'ÂGE PROTÉROZOÏQUE SUPÉRIEUR D'AFRIQUE CENTRALE ET LEUR REMPLISSAGE SEDIMENTAIRE

La topographie générale du toit du soubassement précambrien de la cuvette congolaise est connue grâce à des travaux pétroliers, le plus souvent non publiés, comprenant une couverture gravimétrique, des cartes magnétiques et sismiques, ainsi que de rares forages (EVRARD, 1957 et 1960 ; CAHEN, 1962) ; ils ont permis à P. GIRESSÉ (1982) de proposer une première carte schématique de cette morphologie correspondant à une série de dépressions ou fossés tectoniques et de compartiments surélevés. Ces derniers traduisent l'existence de fossés majeurs affectant le craton et influençant largement le réseau hydrographique actuel. Ainsi, les cours du fleuve Congo-Zaïre, et de l'Oubangui, longtemps parallèles à la bordure septentrionale du craton, se dirigent brusquement, à la longitude de Bangui, vers le S-SW pour rejoindre la Sangha, au cours N-S (fig. 1 et 2). Le Congo-Zaïre traverse alors le craton d'Afrique centrale selon une direction NE-SW.

L'analyse de l'imagerie spatiale Landsat-MSS, de profils sismiques inédits et du réseau hydrographique de la cuvette congolaise permet à J. CHOROWICZ *et al.* (1990), B. DEFFONTAINES et J. CHOROWICZ (1991), M.C. DALY *et al.* (1991 et 1992) de dresser un schéma structural nouveau qui montre le rôle majeur de la phase d'extension au cours du Protérozoïque supérieur. Les bassins ainsi formés comprennent des blocs basculés reliés par des décrochements NE-SW et E.SE-W.NW. Les auteurs aboutissent à un modèle de formation de la cuvette congolaise qui suppose le déplacement relatif vers le SW du bloc archéen du Kasai, par rapport à un ensemble correspondant au craton d'Afrique centrale supposé fixe (fig. 2). Le mouvement se serait opéré par coulissage dextre le long d'un accident actuellement suivi par le fleuve Congo-Zaïre et par coulissage senestre le long des décrochements majeurs d'Ankoro et du Lomani. La zone du craton affectée subit alors une importante extension entraînant la formation de bassins WNW-ESE et de failles NE-SW. Dans ce contexte très extensif, la cuvette congolaise s'est individualisée par coulissage du bloc du Kasai le long de décrochement NE-SW.

Ainsi, il est possible de proposer une carte schématique du réseau de fossés tectoniques majeurs affectant le craton d'Afrique centrale au Protérozoïque supérieur et d'en définir les termes (fig. 2).

Dans sa partie occidentale, cet ensemble archéen granito-gneissique est effondré au niveau d'un fossé NE-SW dit aulacogène du Bas-Congo (SHROEDER, 1981) ou de la Sangha (POIDEVIN, 1985 ; VICAT *et al.*, 1989) individualisant, à l'Ouest, le craton du Ntem (Cameroun, Guinée Equatoriale, Gabon) et du Chaillu (Gabon, Congo), et à l'Est, le craton du Congo-Zaïre (fig. 1A). Au Congo et Bas-Zaïre, l'extrémité méridionale de ce long sillon communique avec l'aulacogène du Mayombe, de direction NW-SE (BOUDZOUMOU et TROMPETTE, 1989), qui lui est orthogonal.

Au Nord, le craton du Chaillu-Ntem est bordé par un large sillon de direction NNE-SSE, englobant le bassin de Carnot au sens de J. CHOROWICZ *et al.* (1990), que nous appellerons fossé de la Haute-Sangha (fig. 2).

Le craton du Congo-Zaïre est affecté par des effondrements constituant de nombreux bassins. Au Nord et au Sud, nous retiendrons deux réseaux principaux, perpendiculaires à l'aulacogène de la Sangha (fig. 2). :

- au Nord, le fossé du Nord-Zaïre de direction NW-SE correspond en première approximation au fossé de Samba (GIRESSE, 1982). Cependant, ce fossé nettement plus large vers l'Est se rapproche, au Nord, de l'Oubangui et de l'Uélé, et est limité brusquement à l'Est par le décrochement du Lomani, à proximité de Kisangani (Stanleyville). Pour P. GIRESSE (1982), le fossé de Samba s'approfondit régulièrement d'Est en Ouest. Le substratum, atteint par forage à 1170 m, est surmonté par des sédiments rouges, psammitiques d'âge indéterminé (Précambrien ou Paléozoïque) ;

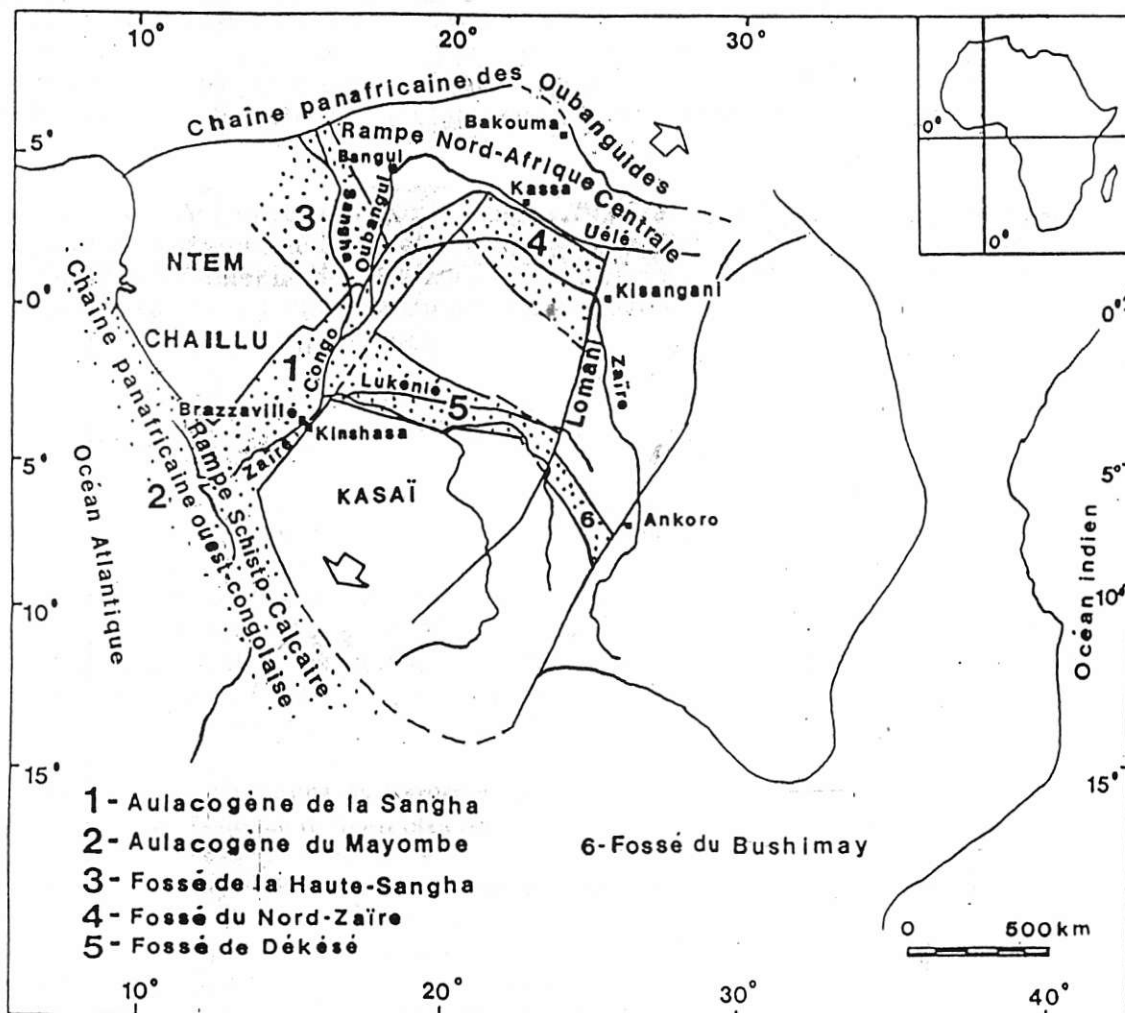


Figure 2 - Le réseau des fossés tectoniques majeurs d'âge protérozoïque supérieur du craton d'Afrique centrale.

- au Sud, le fossé de Dékésé (GIRESSE, 1982), beaucoup plus important et d'orientation W.NW-E.SE, est limité à l'Est par le décrochement du Lomani, puis se prolonge encore plus vers l'Est par le fossé du Bushimay limité à son tour par le décrochement d'Ankoro. Il débute au SE de la cuvette congolaise par un sillon NW-SE, puis s'incurve ensuite dans la vallée de la Lukénié selon une direction EW, en s'approfondissant progressivement vers l'aulacogène de la Sangha. Des dépôts rouges comparables à ceux du fossé du Nord-Zaïre sont atteints par le forage de Dékésé à -1680 m, mais des séries plus anciennes, grès et calcaires peu ou pas métamorphiques, sont détectées en sismique réflexion, au-dessus du socle, supposé vers -3500 à -4000 m.

L'extrémité méridionale de l'aulacogène de la Sangha (fig. 2) est représentée au Congo (ALVAREZ et MAURIN, 1990 a et b, 1991), au Bas-Zaïre et en Angola, par des bassins de même direction. Ces bassins communiquent avec l'aulacogène du Mayombe (fig. 2).

Vers 950 Ma, à la bordure méridionale du Chaillu (fig. 2), la mise en place de filons NE-SW de dolérite (DIANZENZA N'DEFI, 1983) correspond à un épisode distensif. Lorsqu'un bassin se forme en extension, l'étirement initial produit une subsidence thermique correspondant au rééquilibrage de la lithosphère, et pour un étirement important, le rééquilibrage peut durer 150 Ma ou plus (CHOROWICZ *et al.*, 1990). Ces événements liés à l'ouverture du bassin de Comba, au début du Néoprotérozoïque, ont donc pu se prolonger jusque vers 800 Ma et peut-être au delà. Ceci est conforté par les données géophysiques (GODIVIER *et al.*, 1986) et structurales (GIOAN *et al.*, 1989) qui montrent que ce fossé, peu profond, s'est formé entre 950 et 700 Ma.

Au Nord de l'aulacogène de la Sangha (fig. 2 et 4), des dolérites intrusives dans des quartzites rapportés au Néoprotérozoïque (POIDEVIN, 1989) donnent des coulées en coussins (Est de Mbaiki et localement au Nord de l'embouchure de la Lobaye) indiquant la présence d'un fossé tectonique inondé. La mise en place des dolérites se situerait vers 660 Ma environ (Com. pers., POIDEVIN).

B. LA SEDIMENTATION AU CRYOGENIEN ET AU NEO-PROTEROZOÏQUE III EN AFRIQUE CENTRALE

Les dépôts d'âge néoprotérozoïque correspondent au Supergroupe Ouest-congolien, au Sud de l'aulocogène de la Sangha. Au Nord de ce long sillon tectonique et du fossé du Nord-Zaïre (fig. 2), ils sont rapportés au Supergroupe du Lindien. Ces dépôts, vraisemblablement concervés en grande partie dans le réseau des principaux fossés tectoniques décrits (fig. 2) mais masqués sous les sédiments récents de la cuvette congolaise (fig. 1), affleurent aux deux extrémités de l'aulocogène de la Sangha (fig. 2) : au Sud-Congo, dans le bassin de Comba (ALVAREZ et MAURIN, 1991) et au Nord-Congo, dans le bassin de la Basse-Sangha (DENAËYER, 1928).

Nous nous efforceront de donner un cadre chronostratigraphique aux Supergroupes Ouest-congolien et du Lindien en précisant l'âge de leur différents ensembles.

1. Les dépôts fluvio-deltaïques et glaciaires du Cryogénien

Vers 950 Ma, la mise en place de filons de dolérite correspond à un épisode distensif, contemporain ou précédent l'ouverture des fossés. Au Sud comme au Nord de l'aulacogène, la sédimentation, au Néoprotérozoïque, débute par des dépôts gréseux, conglomératiques ou argileux, attribués à un épisode climatique rigoureux et généralisé (CAHEN, 1982) qu'il est possible de rattacher au Cryogénien compris entre 850 et 650 Ma (fig. 3). Ainsi, on peut distinguer, en autre :

- au Sud, la Formation deltaïque de la Bouenza et la Formation de la diamictite supérieure du Congo-Gabon (BOUDZOU MOU, 1986 ; ALVAREZ et MAURIN, 1991 ; ALVAREZ, 1992 ; ALVAREZ, 1994) ;

- au Nord et dans la région de Bangui (fig. 3 et 4), des faciès lenticulaires variées (conglomérats, grès, diamictites, diamictites gréseuses, varves...) recouverts par l'épaisse formation grés-conglomératique à lits d'argilites mauves et les grès-quartzites noires à orthoses centimétriques de Bimbo (Série de Fatima : BESSOLES et TROMPETTE, 1980 ; POIDEVIN, 1985). Cet ensemble se prolonge vers l'Est par des faciès fluvio-lacustres (grès de Géména-Kembé-Nakando) admettant des épisodes glaciaires rigoureux (Groupe de la Panga : VERKEEK, 1970 ; THIBAUT, 1983) au Nord-Zaïre et (Série des argiles varvaires de Bondo : BIGOTTE et BONIFAS, 1968 ;

POIDEVIN, 1985) dans l'Est-Centrafricain. Ces environnements sont compatibles avec les descriptions des formations détritiques contemporaines du SW-Centrafricain et du Cameroun (Tillite de Dja, Complexe tillitique de la Bandjia : VINCENT et WOLF, 1962 ; BESSOLES et TROMPETTE, 1980) et du Nord-Congo (Complexe tillitique du Nord-Congo (BESSOLES et TROMPETTE, 1980 ; POIDEVIN, 1985).

		SUPERGROUPE OUEST-CONGOLIEN CONGO-GABON-BAS-ZAIRE	SW-CAMEROUN NORD-CONGO SW-CENTRAFRICAIN	REGION DE BANGUI	SE-CENTRAFRICAIN NORD & NE-ZAIRE
NEOPROTÉROZOÏQUE	540 Néoprotérozoïque III	630 Ma Panafricain cycle Schisto-calcaire Formation de la Mpioka	620 Ma Panafricain Formation carbonatée de la Haute-Sangha	Formation de Fatima et de Gallo Rythmites de la Lessé et de Possel	Formation de Dialinga Formation de Bili Formation de Bakouma
	650 Cryogénien	Formation de la diamictite supérieure Formations de la Bouenza de la Louila Formations de Mossouva et de Mvouti	Complex tillitique Pélite de Dja Complex tillitique de Bandjia	Formation des grès feldspathiques et des quartzites noires de Bimbo conglomérat-grès-argilite	Varve de Bondo Grès de Géména-Kembé Nakando Groupe tillitique de Panga
	850 Tonien	Rhyolite	?		
		1050 Ma			

Figure 3 - Tableau de corrélation entre le Supergroupe Ouest-congolien et les formations néoprotérozoïques du Nord du craton d'Afrique centrale (Supergroupe du Lindien du Nord-Zaïre).

2. La sédimentation de plate-forme carbonatée du Néoprotérozoïque III

La sédimentation carbonatée du Supergroupe Ouest-congolien correspond au cycle eustatique Schisto-calcaire et à l'inondation de vastes plates-formes (ALVAREZ et MAURIN, 1991 ; ALVAREZ, 1992 ; ALVAREZ, 1994). La phase transgressive de ce cycle est liée à un réchauffement climatique généralisé, responsable de la fusion des glaces cryogéniennes, à la base du Néoprotérozoïque III, vers 650 Ma (fig. 3). Les dépôts de sa phase régressive s'organisent en rampe carbonatée pourvue d'une barrière, individualisant une plate-forme interne avec lagune et une plate-forme externe. La mise en place de cette rampe est contemporaine des premières manifestations de l'orogénèse panafricaine ouest-congolienne (620 Ma, fig. 3) et la progradation des faciès est dirigée vers le NW, c'est à dire vers l'aulacogène de la Sangha (ALVAREZ, 1992).

Ainsi, les dépôts du cycle Schisto-calcaire dont la phase transgressive est nettement glacio-eustatique et la phase régressive essentiellement tectono-eustatique (ALVAREZ, 1994) peuvent être considérés, compte-tenu de l'échelle de résolution des temps protérozoïques, comme mis en place au Néoprotérozoïque III et plus précisément entre 650 et 630 Ma environ (ALVAREZ, 1992).

Les dépôts carbonatés du Sud-Congo et du Nord-Congo (Basse-Sangha, fig. 3), situé aux extrémités opposées de l'aulacogène de la Sangha (fig. 1) et de faciès identiques, sont rapportés au Schisto-calcaire du Supergroupe Ouest-congolien (DENAËYER, 1928).

Le synchronisme des dépôts d'âge néoproterozoïque au Sud et au Nord de l'aulacogène, étant ainsi fortement supposé, la présente étude tentera de caractériser les environnements sédimentaires carbonatés du Nord de ce long sillon et de les comparer à ceux de la rampe Schisto-calcaire ouest-congolienne.

II. LES FORMATIONS CARBONATEES DU NEOPROTEROZOÏQUE III DAND LA REGION DE BANGUI

Les formations carbonatées de la région de Bangui, longtemps insoupçonnées, affleurent uniquement dans des zones de marais, en saisons sèches, et le long des cours d'eau, en période d'étiage (fig. 4). Les principaux affleurements connus aujourd'hui sont relativement proches de Bangui : ex-plantation Gallo (village Dongbé II) au Nord, secteur de Massamba-Possel-Djoukou au NE, bassin de la Lessé et rives centrafricaine et zaïroise de l'Oubangui au Sud. L'extension réelle des assises carbonatées est traduite par la présence de vastes dépressions, à morphologie crypto-karstique (BOULVERT et SALOMON, 1988). Dans la banlieue ouest de Bangui, la Série de Fatima (BESSELES et TROMPETTE, 1980) a été reconnue en sondage en 1958.

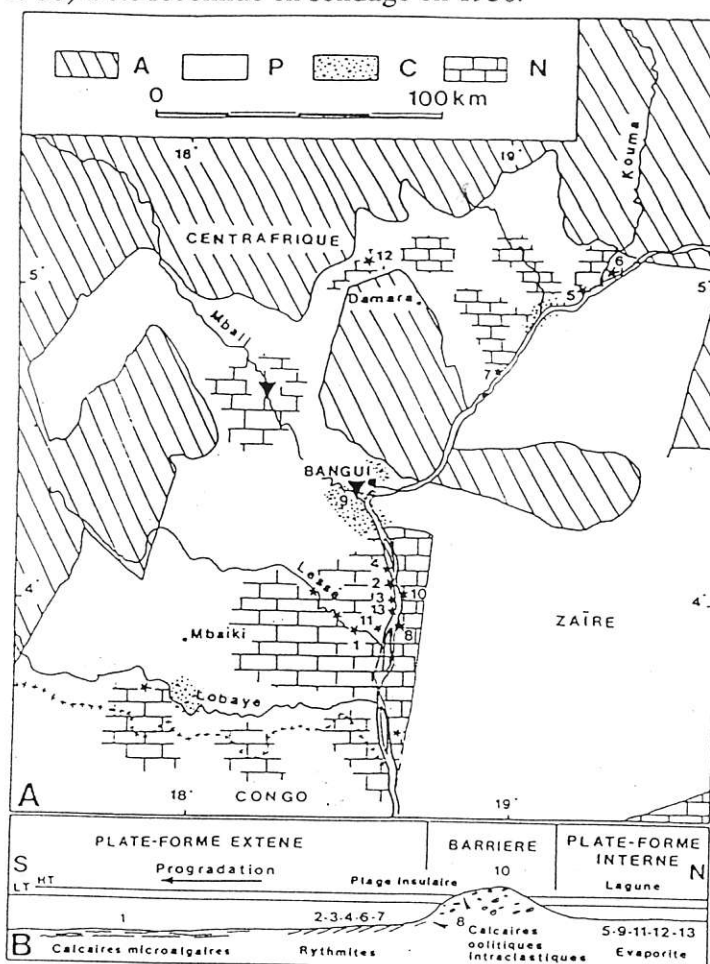


Figure 4 - Carte géologique simplifiée et de localisation des principales assises carbonatées (A) reconnues à l'affleurement (*) ou en forages (▼) et distribution des principaux faciès déposés sur le profil morphodynamique du segment de rampe carbonatée (B) de la région de Bangui.

1 : Bobango ; 2 : Zimba ; 3 : Bomboko ; 4 : Bobassa ; 5 : Possel ; 6 : Djoukou ; 7 : Massamba ; 8 : Mboma ; 9 : Fatima ; 10 : calcaire oolitique de la rive zaïroise; 11 : embouchure de la Lessé ; 12 : ex-plantation Gallo ; 13 : Mondoli.

Localisation des principaux affleurements des rives de l'Oubangui au Sud de Bangui - Distance à partir du repère 600 de l'ATC (voies navigables) de Bangui centre - Bobassa 26 km ; Zimba 27 km ; Mondoli 40 km ; Mboma 50 km ; embouchure de la Lessé 58 km.

Les assises carbonatées, subverticales, conservées dans des fossés d'effondrement, sont affectées par des plis isoclinaux de direction N.110 à 130° E. Pour P. ROLIN (1995), cette phase de plissement panafricaine est postérieure à 640 Ma et peut être rattachée à une phase identique, connue au Cameroun et datée à 565 ± 22 Ma (LASSERRE *et al.*, 1979 ; NZENTI *et al.*, 1988 ; TOTEU *et al.*, 1989).

La mise en place des formations carbonatées, post-cryogéniennes, de la région de Bangui peut donc être rapporté au Néoprotérozoïque III.

A. LES FACIES DE PLATE-FORME EXTERNE

A1. Les faciès distaux : les calcaires à lits microalgaires de la Lessé

Dans le cours de la rivière Lessé (fig. 4), à proximité du village Bombango (3, fig. 4), affleurent des calcaires beiges, micritiques. Des lits micritiques, plans et faiblement ondulants de micrite blanchâtre sont recouverts par un liseré de micrite grisâtre (a, fig. 5) et sont parfois désarticulés en niveaux discontinus ou forment des niveaux à lithoclastes provenant de leur démantèlement (b).

Ces lits correspondent à des laminations algaires micritisantes, vraisemblablement installées au sommet de micro-séquences de décantation. Ce milieu peut indiquer une sédimentation distale d'une plate-forme externe.

Dans ces carbonates à lits microalgaires, on note la présence de faciès particuliers qui peuvent être interprétés comme des calciturbidites complètes et des séismites.

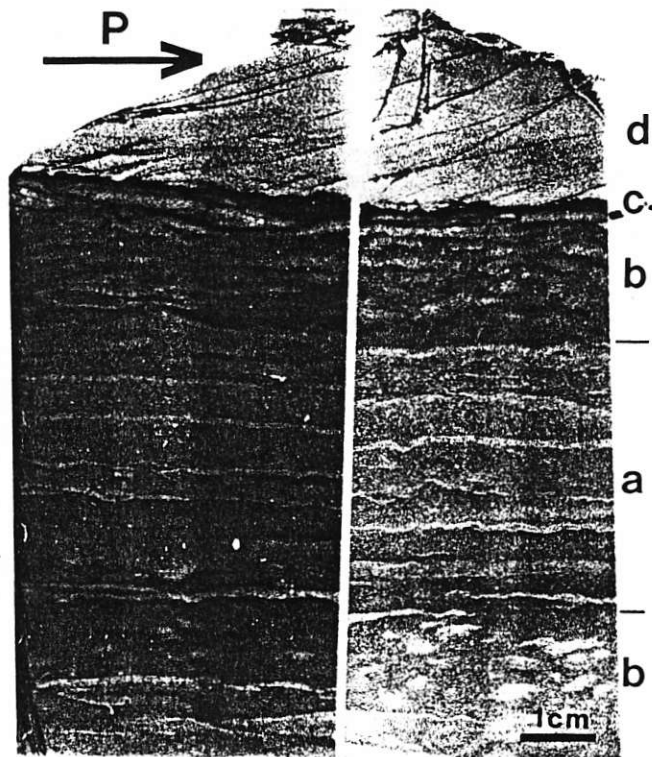


Figure 5 - Sections orthogonales montrant un calcaire laminé surmonté par une calciturbidite complète (rivière Lessé, fig. 4) :

- a : calcaire micritique à lamines algaires ;
- b : calcaire à lamines algaires fragmentées et dissociées ;
- c : niveau de décollement, sparitique et intraclastitique ;
- d : microsparite à fissures courbes traduisant le glissement des dépôts alloctones (P).

a) Les calciturbidites complètes

Localement, on remarque la présence de petits niveaux intraclastiques (c, fig. 5) surmontant une zone où les tapis algaires caractéristiques du faciès des calcaires de la Lessé sont localement désarticulés (b). Le niveau à intraclastes est recouvert par une micrite-microsparite blanchâtre dont les fractures courbes sont occupées par de la calcite microsparitique (d).

Le dépôt supérieur peut être considéré comme allochtone et résulte de l'écoulement gravitaire d'une masse de sédiments. Ce type de séquence peut être rapporté aux calciturbidites complètes ("complete calciturbidites" des "Bouma sequences" de G. P. EBERLI, 1987), fréquentes dans les zones distales des plates-formes externes.

b) Les séismites

En section polies, certains niveaux (fig. 6) montrent, de bas en haut :

- des lits bien laminés, non perturbés (a) ;
- une zone où les lamines sont dissociées en segments pluricentimétriques et horizontaux (d) ;
- une zone où les lamines sont difficilement visibles (c et b).

De nombreuses petites fractures, aux rejets au plus centimétriques, affectent surtout les zones à lamines dissociées et disparaissent rapidement vers le bas. Selon A. SEILACHER (1969), de tels niveaux seraient provoqués par des séismes. La propagation des ondes sismiques favoriserait la liquéfaction de dépôts superficiels, gorgés d'eau, effaçant ainsi le litage originel, et provoquerait aussi l'apparition de fractures dans les niveaux inférieurs plus compacts.

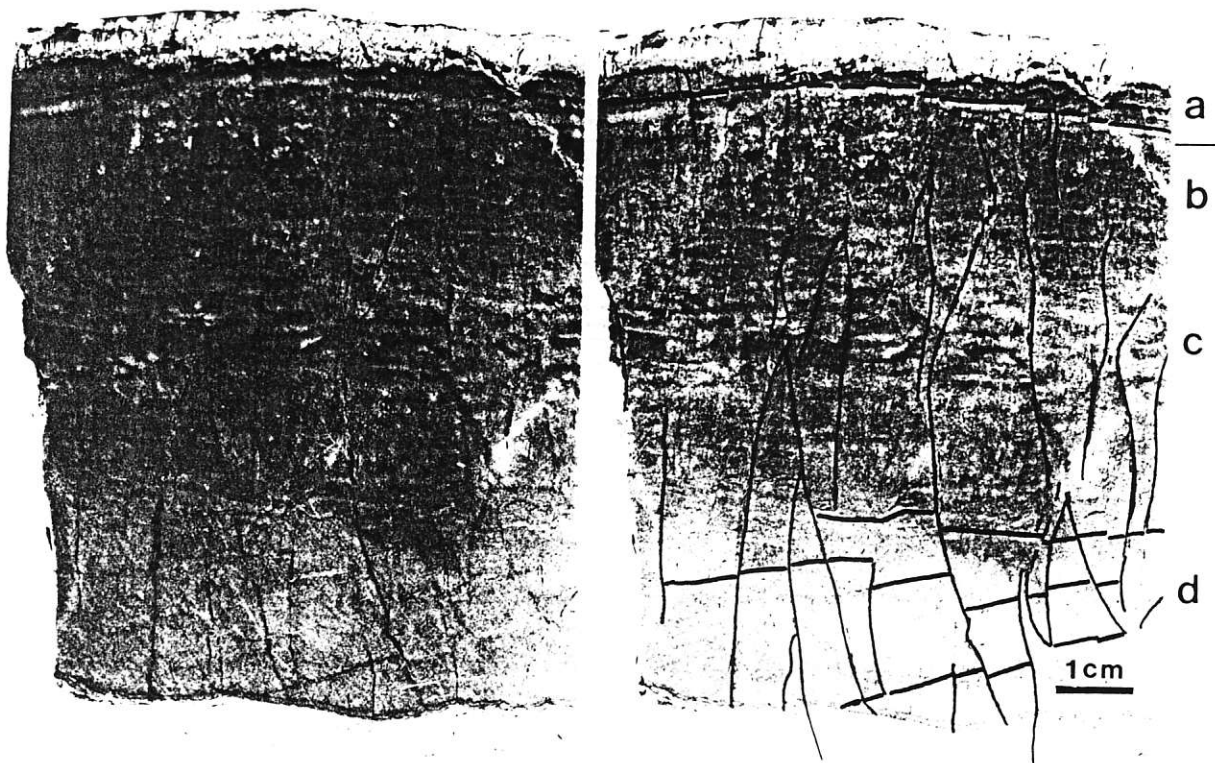


Figure 6 - Séismites (rivière Lessé, fig. 4) :

a : zone laminée ; b : zone liquéfiée ; c : zone rubanée ; d : zone segmentée.

L'existence de séismes peut être reliée à une marge subsidente, proche de l'aulacogène actif de la Sangha. La remobilisation de la partie superficielle de la couverture sédimentaire, liée à l'action de ces séismes est alors à l'origine des écoulements gravitaires, donnant naissance sur la plate-forme peu pentée à des séquences de type calciturbidites.

A₂. Les faciès proximaux : les rythmites de la Formation de Bobassa

La Formation des calcaires beiges de Bobassa (fig. 7), jusqu'à ce jour interprétée comme une intercalation pluridécamétrique dans des grés, constitue en réalité une puissante assise carbonatée, accessible à Zimba, Bomboko et Bobassa (2-3-4, fig. 4). D'autre part, on note la présence d'un affleurement d'une trentaine de mètres, submergé, au niveau de la balise situé à 51 km de Bangui en amont de l'île aux Sangliers et dans le bras est de l'Oubangui.

a) Description

Au Nord immédiat du village de Zimba (2, fig.4), des calcaires massifs subverticaux, d'orientation N.110° E, constituent un affleurement de 500 m au moins de puissance, visible en continu pendant les périodes d'étiage.

Ces calcaires sont caractérisés par une très nette rythmicité centimétrique à décimétrique (fig. 7). Les phénomènes de glissement synsédimentaire sont très largement exprimés et ont développés des slumps métriques et plurimétriques dont l'orientation indique une plate-forme inclinée vers le Sud ou le SE. Dans quelques panneaux épargnés par ces glissements, il a été possible de procéder à une étude précise de la rythmicité du dépôt.



Figure 7 - Les rythmites de Bobassa (Zimba, fig. 4) : alternance de lits centimétriques beiges claires et de lits millimétriques bruns en accretion verticale.

Chaque rythme de premier ordre comprend :

- un lit calcaire de teinte beige, constitué d'une micrite ou microsparite silteuse, et dont l'épaisseur varie de 1 à 60 mm dans les zones où les rythmes sont bien exprimés ;

- un lit de 1 à 2 mm, induré, de teinte rouille ou verdâtre, argilo-silteux et contenant de la pyrite cubique.

L'épaisseur d'un doublet est constante latéralement sur une dizaine de mètres visibles. L'alternance de niveaux à doublets épais et minces suggèrent une rythmicité de second ordre que nous tenterons d'établir.

b) La périodicité de second ordre

- Méthode utilisée

L'étude de la rythmicité du dépôt a été conduite dans un panneau épargné par les phénomènes de glissement où l'on note la présence d'une zone homogène où la rythmicité de second ordre est difficilement décelable (fig. 7). Les données fournies par la mesure de l'épaisseur d'environ 300 doublets successifs ont été traitées au moyen d'un programme basé sur l'utilisation des transformées discrètes de Fourier (TESSIER *et al.*, 1989 ; TESSIER 1990 a). Les résultats obtenus semblent mettre en évidence des cycles correspondant à un nombre d'intervalles le plus souvent compris entre 25 et 35. Après filtrage (fig. 8), la cyclicité apparaît basée sur 29 ou 30 intervalles dans les zones où les rythmes sont bien exprimés.

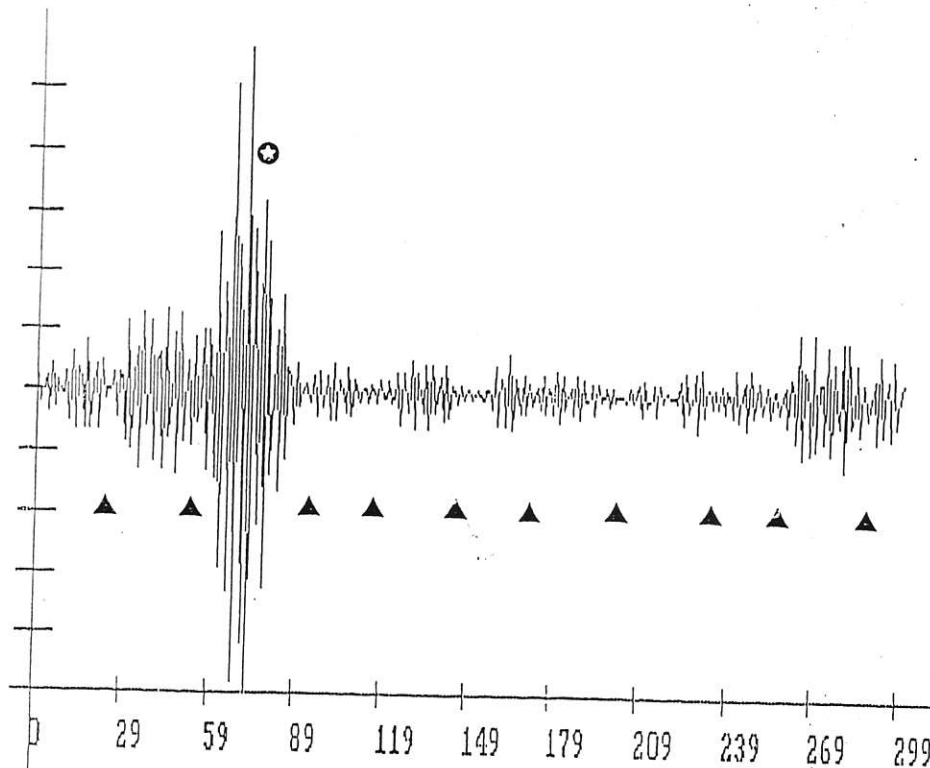


Figure 8 - Mise en évidence de cycles semi-lunaires dans les rythmites de Bobassa à Zimba (En abscisse, nombre d'intervalles mesurés ; ⊛ rythmicité mal exprimée).

- Interprétation des résultats

Une organisation rythmique basée sur 28 intervalles évoque le cycle lunaire, et plus particulièrement le cycle tidal qui lui est lié.

Si la mise en évidence des cycles tidaux dans les formations progradantes (HOMEWOOD et ALLEN, 1981) est désormais classique, leur identification dans les dépôts résultants d'une accrétion verticale est beaucoup plus récente. L'étude des dépôts actuels de la baie du Mont-Saint-Michel, ou récents, de la molasse infratidale miocène de Digne en France (TESSIER *et al.*, 1989; TESSIER 1990 a et b), comme la Formation des rythmites d'Elatina en Australie du Sud (WILLIAMS, 1989 a) ont permis de définir l'outil mathématique de traitement et constituent des références pour l'identification des rythmites tidales dans les sédiments.

Lors d'un cycle lunaire, le nombre de dépôts de flot correspond en théorie au nombre de cycles de marée. Cependant, en période de tempête ou, à l'inverse, de mort-eau, il est facile d'admettre que la totalité des dépôts ne soient pas conservés. Par contre, en période de marées de plus faible amplitude, un léger remaniement dû au jusant peut intervenir et engendrer le dépôt d'un deuxième mince doublet (TESSIER, 1990 a et b) alors compabilisé à tort comme un véritable cycle de marée.

La périodicité observée dans les calcaires de Bobassa, comprise entre 25 et 35, et établie, le plus souvent à 29 ou 30 par filtrage, est compatible avec la rythmicité de cycle semi-lunaire. En, admettant deux cycles de marée par jour, ce qui est le cas dans la plupart des mers actuelles, cette interprétation est tout à fait crédible si on admet les résultats fournis par G.E. WILLIAMS (1989 a et b) pour la Formation d'Elatina. En effet, les Rythmites d'Elatina, situées au sommet d'un ensemble glacio-marin et dont l'âge est estimé à 650 Ma, fournissent des informations précises d'ordre astrophysique : un cycle lunaire à 30,5 jours ($\pm 1,5$) pour une année à 400 jours (± 20).

Dans cette optique, le cycle de marée observé dans les calcaires de Bobassa consiste donc en un lit silto-carbonaté, millimétrique à décimétrique, mis en place par le flot, et un lit silto-argileux carbonaté, millimétrique, décanté pendant l'étalement.

Les rythmites de Bobassa ne présentent aucune trace d'émersion et correspondent à une accumulation infratidale, typique d'un milieu de plate-forme externe, peu profonde et ouverte sur le domaine marin franc.

c) Les calciturbidites incomplètes (écoulements gravitaires)

A Zimba (2, fig. 4), les rythmites renferment des intercalations décimétriques ou métriques (fig. 9) limitées par des surfaces planes et où les dépôts s'enroulent pour former des plis synsédimentaires qui indiquent des écoulements lents, globalement dirigés vers le Sud.

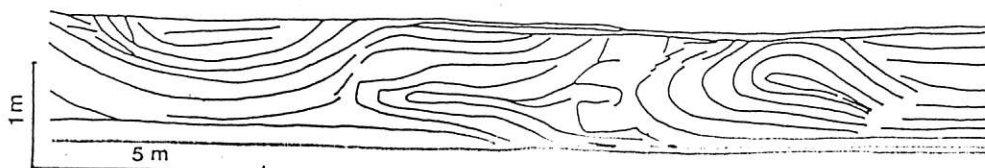


Figure 9 - Représentation schématique d'une calciturbidite incomplète correspondant à l'écoulement gravitaire en masse de rythmites et conservant les alternances des dépôts (Zimba, fig. 4).

Les intercalations perturbées doivent être interprétées comme des calciturbidites incomplètes ("incomplete calciturbidites" de G.P. EBERLI, 1987) dues à l'écoulement gravitaire à faible vitesse et sur une plate-forme faiblement pentée vers le Sud, c'est à dire vers l'aulacogène de la Sangha (fig. 2). L'activité sismique de celui-ci favorise les glissements.

d) Les rythmites recristallisées de Djoukou

Entre Possel et Djoukou (5-6, fig. 4), des calcaires blancs, subverticaux et à plis dissymétriques de direction N. 130° E, affleurent sur plusieurs kilomètres, en périodes d'étiage, le long de l'Oubangui et dans les bassins de la Kémo (embouchure de la Kouma : fig. 4) et de l'Ombella. Cette formation, correspond à une sédimentation rythmique dont la séquence unitaire est constituée par un doublet comprenant un lit centimétrique à décimétrique de sparite blanchâtre, à litage plan visible, surmonté par un lit millimétrique verdâtre, à chlorite et pyrite cubique plurimillimétrique. Vers l'Est, la roche schistosée et talqueuse montre que l'assise a subi un léger métamorphisme.

Les calcaires blancs, recristallisés de Possel-Djoukou, et d'un affleurement connu près de Massamba (7, fig. 4), peuvent être rapprochés des rythmites infratidales de Bobassa, situées à 150 km au SW. Les rythmites de Bobassa et de Massamba-Possel-Djoukou ne peuvent indiquer un milieu de sédimentation continu entre les deux affleurements, mais traduisent, la progradation vers le Sud de faciès localisés de manière précise à la partie proximale de la plate-forme externe, en avant des plages de la barrière, selon un modèle de rampe carbonatée.

e) Evaluation de la subsidence

L'épaisseur des dépôts compactés correspondant à un cycle semi-lunaire semble assez constant et d'environ 500 mm. Un cycle lunaire complet serait représenté par 1 m soit 1,3 à 1,4 m de sédiment non compacté. Le taux de sédimentation important, est proche de celui de la molasse infratidale du bassin de Digne (TESSIER, 1990 a et b) mais trois à quatre fois supérieurs à celui, des rythmites fini-cryogéniennes du Sud de l'Australie (WILLIAMS, 1989 a).

La sédimentation tidale est liée à un phénomène rythmique et continu mais une partie seulement des dépôts est conservée (tempêtes, slumps...). L'enregistrement du temps est donc discontinu et bien qu'il soit impossible, sur la base du taux de sédimentation instantanée, de calculer le taux réel de sédimentation cumulée sur une longue période, le taux apparemment élevé conduit à penser qu'une subsidence importante s'est établie en relation avec une zone tectoniquement active, l'aulacogène de la Sangha.

On peut ainsi envisager que la subsidence de l'aulacogène a pu subir une forte accélération sous l'effet de l'augmentation rapide du poids des sédiments et de l'accroissement de l'épaisseur de la tranche d'eau liée à la transgression glacio-eustatique majeure du Néoprotérozoïque III. L'enfoncement accéléré du fossé a pu se traduire par un réajustement isostatique des aires continentales, vraisemblablement associé aux premières manifestations de l'orogénèse panafricaine, aboutissant à une diminution de la tranche d'eau sur les plates-formes et par conséquent à une accélération de la progradation des rampes sédimentaires. Cette progradation rapide vers l'aulacogène de la Sangha peut être alors considérée comme le facteur principal de la mise en place, quasi instantanée à l'échelle géologique, des rythmites de Bobassa et de Possel-Djoukou sur une aire importante et sur une épaisseur de plus de 500 m.

B. LES FACIES DE BARRIERE

B₁. Les faciès de plage insulaire de la barrière : les calcaires intraclastiques et oolitiques de Mboma

1. Description

Sur la rive zaïroise de l'Oubangui, en amont de l'Ile aux Sangliers et près du village Mboma (8, fig. 4), trois affleurements de calcaire blanc sont orientés N. 130° E, avec un pendage subvertical 60° N, et correspondent au passage entre les faciès de la plate-forme externe et ceux de la barrière.

Le premier affleurement [A], le plus en aval, montre tout d'abord un ensemble d'une dizaine de niveaux de 60 à 80 cm de puissance [A₁], séparés les uns des autres par un mince lit brun et millimétrique. Chaque niveau débute par des calcaires finement intraclastiques à litages en arêtes de poisson, souvent en cuvette, et se termine par des calcaires de plus en plus fins. Cette assise est surmontée par environ 10 m de calcaires massifs [A₂] à minuscules oolites, oncolites, agrégats et intraclastes, au plus centimétriques. Les passées intraclastiques, les plus grossières, s'organisent selon un net litage en arêtes de poisson indiquant des apports dominant SE-NW.

Le deuxième affleurement [B], d'une trentaine de mètre de longueur, correspond à une alternance de lits décimétriques de calcaires finement intraclastiques, à litages contournés, bruns foncés et noduleux, affectés par des phénomènes de slumping de directions variables. La surface supérieure de ces niveaux sert de support au développement de colonnes stromatolitiques disposées en alignement N-S. L'assise renferme également des niveaux décimétriques d'argile grise, bien litée, et une intercalation de calcaire fin, rythmé par des laminations brunes, millimétriques, de faciès identique aux rythmites de Bobassa (fig. 7). Enfin, on note la présence d'un banc de calcaire bleuté riche en petites aiguilles de couleur rose, pouvant être interprétées comme des pseudomorphoses aciculaires de gypse. Les fractures de ce banc sont tapissées par des enduits siliceux et renferment des cristaux de diopase.

Enfin, le troisième affleurement [C], le plus en amont, montre 3 m de calcaire massif, finement intraclastique, oolitique, oncolitique et à agrégats organisés en litages en arêtes de poisson.

Il faut souligner en outre qu'un sondage carotté implanté à Fatima (banlieue ouest de Bangui, 9, fig. 4) a livré un calcaire blanc, graveleux et oolitique, à lamines algaires, dont le faciès doit être rapproché de celui des affleurements [A₂ et C] décrits ci-dessus.

b) Interprétation

α- Le haut de plage

Les calcaires intraclastiques, oolitiques et oncolitiques [A₂ et B] indiquent un milieu agité à courants bidirectionnels pouvant correspondre au gradin supérieur d'une plage ouverte sur le milieu océanique.

β - Le bas de plage

L'assise [A₁] rythmée par des alternances de calcaires intraclastiques à litages en arêtes de poisson et lits bruns, traduit un phénomène cyclique régulier, alternativement agité et calme. La présence d'une intercalation identique aux rythmites infratidales de Bobassa (fig. 7), dans l'affleurement [B] peut indiquer que les dépôts sont en relation avec le cycle de marée. La décantation périodique d'argile indique des périodes plus

calmes possibles sur le gradin inférieur des plages. L'activité algaire se manifeste par des constructions stromatolitiques colonnaires ou pseudo-colonnaires installées devant la barrière.

La présence d'un banc à pseudomorphoses de gypse indique que ce milieu infratidal supérieur peut momentanément passer à l'émergence. L'existence dans ce banc d'indice de cuivre, même modeste, doit être soulignée et rapprochée de la province cuprifère des dépôts de la rampe Schisto-calcaire ouest-congolienne.

Dans cette assise [B], le litage interne des niveaux intraclastiques et les niveaux silicifiés contournés indiquent des écoulements gravitaires entraînant les dépôts sur une pente peu marquée et sur une faible distance.

c) Le profil d'une plage réfléchive

Sur le profil morphodynamique de la plage, le matériel sédimentaire, largement intraclastique, implique une zone de brisants et donc une pente abrupte entre le haut et le bas de plage. Ce type morphodynamique semble correspondre à un profil de type réfléchif (WRIGHT *et al.*, 1979).

Dans la reconstitution paléogéographique proposée ici, la plage réfléchive émergitive correspond parfaitement à la zone de transition entre une barrière émergitive et le milieu océanique ouvert. Le haut gradin supratidal de la plage est adossé à la barrière. La zone intertidale correspond au domaine résonant de l'abrupt de la plage, lors des fortes marées et des tempêtes, et sur le bas de plage, aux rythmites de marée. Les plages réfléchives sont rectilignes ; les dépôts intertidaux y sont très mal représentés.

Le gradin supérieur de la plage est large et haut, supratidal, et compatible avec une sédimentation intraclastique à litages en arêtes de poisson mis en place par les plus fortes marées et les tempêtes. Le gradin inférieur correspond au passage entre le bas de pente de la plage et la plate-forme externe plus modérément pentée. Ce milieu infratidal enregistre le cycle de marée et les glissements gravitaires y sont fréquents.

B₂. Les faciès de barrière émergitive

Les calcaires oolitiques, comparables à ceux qui constituent la barrière sur la rampe du Sud-Congo, sont très mal exposés dans la région de Bangui. Leur présence est cependant attestée en plusieurs points :

- à 35 km en aval de Bangui et sur la rive zaïroise (10, fig. 4), CORNACCHIA et GIORGI (1986) ont signalé un affleurement actuellement difficile d'accès, et montrant sur 200 m un calcaire oolitique blanc, en bancs subverticaux orientés NW-SE ;

- au Sud de Bangui, des galets de chert à fantômes d'oolites (CORNACCHIA et GIORGI, 1986 ; THIBAUT, 1983), grises et millimétriques, parfois fibro-radiés, existent dans le lit de l'Oubangui.

C. LES FACIES DE LAGUNE

1. La Formation de Fatima

La Formation de Fatima (9, fig. 4), subverticale, très fracturée, et d'une puissance supérieure à 300 m (POIDEVIN, 1985), est essentiellement représentée par des calcaires gris, à niveaux pluricentimétriques dolomitiques et noirs. Les lits dolomitiques, parfois exfoliés ou pyriteux, sont caractérisés par la présence de lits algaires (fig. 10). L'existence de fentes de dessiccation obstruées par de la calcite limpide, indique des périodes d'émergence répétée ; de petits amas de barytine peuvent être en relation avec l'existence de microkarst.

Ce faciès est très proche des dépôts lagunaires de la rampe Schisto-calcaire du Sud-Congo, décrits à Mont Bélo (ALVAREZ, 1992 et 1993), et peut être interprété comme une assise carbonatée à tapis algaires et anciens lits d'anhydrite épigénisés en dolomie noire.

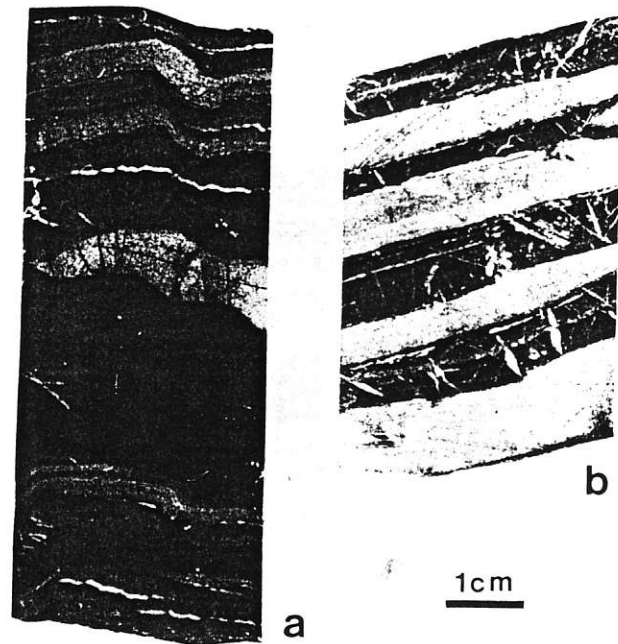


Figure 10 - Calcaire de la Formation de Fatima (Carottes de forages du quartiers de Fatima, Bangui-Ouest, fig. 4).

2. Les dépôts algaires de l'embouchure de la Lessé .

Près du village de Bomboko, sur la rive centrafricaine de l'Oubangui, et dans le confluent de la rivière Lessé (11, fig. 4), des calcaires bleutés, micritiques, sont très finement laminés par des films algaires, plus foncés et ondulant, très irrégulièrement plissotés, parfois à micro-dômes ou surface de ravinement (fig. 11a). Un faciès proche montre des intercalations plus claires à fracturations verticales (b).

3. Les dolomies de l'ex-plantation Gallo

Au NE de Bangui, les dolomies silicifiées de l'ex-plantation Gallo (village Dongbé II ; 12, fig. 4), en bancs décimétriques subverticaux, d'orientation NNW-SSE, sont conservées dans un graben d'allongement E-W (POIDEVIN, 1985). La cassure saccharoïde et la présence de structures boursouflées (fig. 12) peuvent être liées à l'augmentation de volume due à l'épigénie d'anhydrite en dolomie. Ce type de structure est caractéristique d'un environnement lagunaire à évaporite (ALVAREZ, 1992 et 1993).

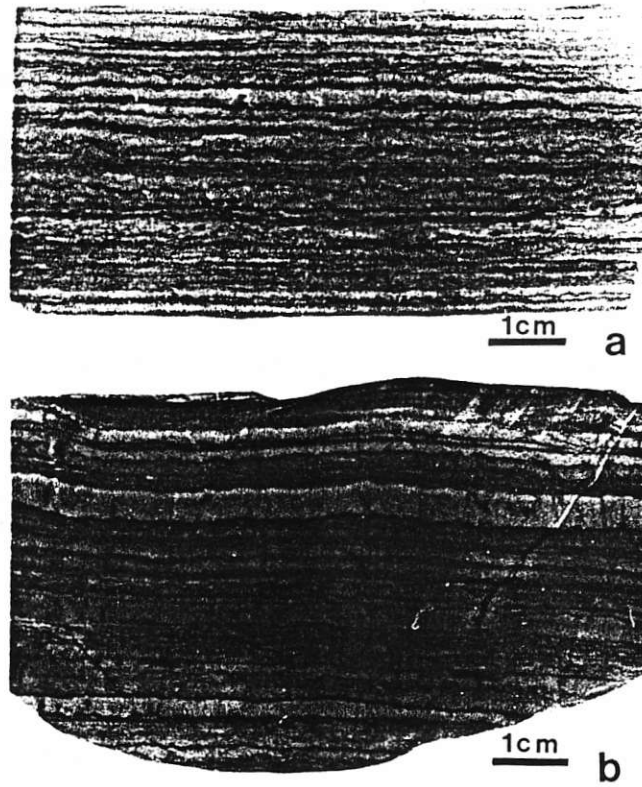


Figure 11 - Laminites algaires gris bleuté (a) à lamines subhorizontales sombres, finement plissotées, et laminites (b) à intercalations calcaires plus claires (embouchure de la Lessé, fig. 4).



Figure 12 - Dolomies silicifiées (Ex-plantation Gallo, fig. 4) montrant des boursouflures "en choux fleur" dues à l'épigénie d'anhydrite.

4. Les calcaires silicifiés de Mondoli

Sur la rive droite de l'Oubangui, à hauteur du village de Mondoli (13, fig. 4) et à 10 km de Zimba (2, fig. 4), un affleurement de 500 m de long, montre une assise, en bancs décimétriques bleutés à patine brune, entièrement silicifiés, répétée par de nombreux plis isoclinaux d'orientation moyenne N.120° E. Malgré l'intense silicification, on remarque la présence de nombreux éléments aciculaires correspondant à des pseudomorphoses de gypse.

Cette assise semble correspondre à des dolomies à gypse de milieu lagunaire.

Il faut remarquer que, comme à l'ex-plantation Gallo, les carbonates de Mondoli sont très silicifiés et qu'ils sont les seuls parmi les assises carbonatées du bassin de la Lessé (fig. 4). On peut donc penser que la silicification est probablement précoce, comme c'est souvent le cas dans les environnements lagunaires.

III. CONCLUSION

En Afrique centrale, la transgression glacio-eustatique post-cryogénienne se traduit par l'inondation de plates-formes et par l'installation d'une sédimentation carbonatée.

Au Néoprotérozoïque III, dans la région de Bangui, les formations carbonatées permettent de reconstituer un enchaînement latéral de milieux de dépôts caractérisant une vaste plate-forme carbonatée. Des arguments cartographiques, la progradation des faciès et la pente sédimentaire globalement dirigées vers le Sud, suggèrent une rampe carbonatée avec barrière oolitique individualisant, au Sud, une plate-forme-externe, et au Nord, une plate-forme interne lagunaire.

L'organisation de cette rampe Nord-Afrique centrale semble identique à celle de la rampe Schisto-calcaire ouest-congolienne. Il faut souligner que la rampe Nord-Afrique centrale correspond à des faciès dont les puissances sont très supérieures à celles qui sont connues dans l'Ouest-congolien. Son extension devait être beaucoup plus vaste et sa progradation dirigée vers le Sud, c'est à dire vers l'aulacogène de la Sangha.

Sur la plate-forme externe, les rythmites infratidales de Bobassa se sont déposées au pied d'une plage réfléchive adossée à la barrière ; elles ont enregistré les cycles de marée et il est possible de mettre en évidence des cycles lunaires compatibles avec une cyclicité à 30 jours admise au Néoprotérozoïque III. La pente sédimentaire, faiblement inclinée vers le Sud, a permis le glissement de calciturbidites dont l'écoulement gravitaire a été favorisé par des séismes. Ceux-ci peuvent être reliés à une forte subsidence de la plate-forme en relation avec la proximité de l'aulacogène actif de la Sangha.

Dans la lagune comme en zone distale de la plate-forme externe, la prolifération algale situe le domaine sédimentaire en zone euphotique, la profondeur pouvant atteindre une cinquantaine de mètres au maximum.

L'énorme volume sédimentaire carbonaté constituant les rythmites tidales de Bobassa a dû nécessiter la présence d'une vaste plate-forme où la production du stock primaire de carbonate a été assuré par l'activité prolifique des microorganismes représentés par les communautés stromatolitiques, essentiellement cyanophycées et bactéries (GROTZINGER, 1986 ; BERTRAND-SARFATI et MILANDOU, 1989 ; ALVAREZ, 1992). L'extrême intensité de l'activité algale mise en évidence dans la région de Bangui trouve une confirmation dans des régions situées plus à l'Est où des stromatolites ont été mis en évidence sur la rive centrafricaine de l'Oubangui (Kassa-Limassa) et sont signalés au Nord-Zaïre (THIBAUD, 1983).

Dans le SE-Centrafrrique d'autres formations néoprotérozoïques et carbonatées sont signalées. Sur la base des données disponibles, il semble qu'on puisse y retrouver les faciès proximaux d'une rampe carbonatée : lagune avec dômes stromatolitiques (Kassa-Limassa), dolomie algaire à évaporites, plage avec dolomie à lits algaires (Bakouma-Bili), et plaine littorale avec pélites noires à lits quartzo-felspathiques (Dialinga-Zinga) adossée à un épais glacis continental... L'enchaînement cartographique des différents faciès correspond aux faciès d'une rampe à progradation nette dirigée vers le S-SW et il est probable que ce segment de rampe située entre 600 et 800 km de Bangui correspond à la partie proximale de la rampe Nord-Afrique centrale.

La mise en place des rampes carbonatées Schisto-calcaire (Sud-Congo, Bas-Zaïre, Gabon, Angola), estimée entre 650 et 630 Ma (ALVAREZ, 1992), et Nord-Afrique centrale (Centrafrrique, Nord-Zaïre, Nord-Congo, Cameroun) apparaît liée aux premières manifestations panafricaines, datées au Cameroun par un métamorphisme granulitique à 620 ± 10 Ma (PENAYE *et al.*, 1993). Ces rampes peuvent être considérées comme contemporaines et à placer au début du Néoprotérozoïque III. Au Nord comme au Sud, elles progradent vers l'aulocogène de la Sangha. Dans la partie occidentale du craton d'Afrique centrale, les mers d'âge néoprotérozoïque se rétractent vers ce long sillon tectonique actif pour former une mer résiduelle qui subsistera au cours du Paléozoïque comme l'atteste la puissante sédimentation détritique à Ostracodes, signalée sous la couverture mésozoïque de la cuvette congolaise (GIRESSE, 1982).

Il faut souligner enfin que les formations du SE-Centrafrrique étant intermédiaires entre les formations de la région de Bangui et celles du NE et SE-Zaïre (VILLENEUVE, 1983), leur étude devrait permettre de proposer un modèle global où l'ensemble des formations carbonatées du Néoprotérozoïque III, situées à la périphérie du craton d'Afrique centrale, serait interprété comme une série de rampes progradantes dirigées vers le réseau des fossés dont l'aulocogène de la Sangha est l'une des pièces maîtresses.

D'autre part, au Brésil, les formations carbonatées de plate-forme d'âge néoprotérozoïque du craton de São Francisco (Groupe de Bangui : INDA et BARBINSKI, 1978), présentent une organisation et des faciès très voisins des rampes d'Afrique centrale. D'après les données récentes fournies par BABIBSKY *et al.* (1992), l'âge des sédiments carbonatés du Groupe de Bangui pourrait être compris entre 650 et 600 Ma. Il semble donc que le modèle de rampe carbonatée mis en évidence à la périphérie du craton d'Afrique centrale et qui s'étend jusqu'en Guinée Equatoriale (fig. 1) puisse être vérifié en Amérique latine.

Horiginaux des photographies : voir tiré-à-part

Acknowledgements I am greatly indebted to J.-J. Chauvel (Rennes), A. Strasser (Fribourg), R. Guiraud (Avignon) and A. Moussine-Pouchkine (Montpellier) for help, constructive comments and improvement of the English.

References

- Alvarez Ph (1992) Répartition de la sédimentation dans le golfe Protérozoïque supérieur du Schisto-calcaire au Congo et Gabon. Implications en Afrique centrale. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 96:281-297
- Alvarez Ph (1993) Un modèle de lagune d'âge protérozoïque supérieur: le Schisto-calcaire du Congo. *J Afr Earth Sci* 17:75-87
- Alvarez Ph (1995) Les facteurs de contrôle de la sédimentation du Supergroupe Ouest-congolien (Sud-Congo). Rampe carbonatée et activité biologique au Protérozoïque supérieur. Implication en Afrique Centrale (Congo, Zaïre, Gabon, Angola, Cameroun, Guinée Equatoriale, Centrafrrique). *Mém BRGM* 239:273 pp
- Alvarez Ph, Maurin JC (1991) Evolution sédimentaire et tectonique du bassin protérozoïque supérieur de Comba (Congo): stratigraphie séquentielle du Supergroupe Ouest-Congolien et modèle d'amortissement sur décrochement dans le contexte de la tectogenèse panafricaine. *Precambrian Res* 50:137-171
- Babinski M, Van Schmus WR, Chemale Jr, Kawashita K (1992) Lead isotope geochemistry of Bambuí Group carbonate rocks, São Francisco Basin, Brazil. *Am Geophys Union Fall Meeting, Eos* 27:652
- Bessoles B, Trompette R (1980) Géologie de l'Afrique: la chaîne panafricaine "zone mobile d'Afrique centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise". *Mém BRGM* 92:397 pp
- Bigotte G, Bonifas G (1968) Faits nouveaux sur la géologie de la région de Bakouma (Préfecture du M'Bomou - République Centrafricaine). *Chron Mines Rech Min* 370:43-46
- Boudzoumou F (1986) La chaîne panafricaine ouest-congolaise et son avant pays au Congo: relation avec le Mayombien; sédimentologie des séquences d'âge Protérozoïque supérieur. Thèse 3^{ème} cycle, Univ Aix-Marseille, 220 pp
- Boudzoumou F, Trompette R (1988) La chaîne panafricaine ouest-congolienne au Congo (Afrique Equatoriale): un socle polycyclique charrié sur un domaine subautochtone formé par l'aulacogène du Mayombe et le bassin de l'Ouest-Congo. *Bull Soc Géol Fr* 6:889-896
- Boulvert Y, Salomon JN (1988) Sur l'existence de paléo-cryptokarsts dans le bassin de l'Oubangui (République Centrafricaine). *Karstologia* 11-12:37-48

- Buffard R (1988) Un rift intracratonique du Précambrien supérieur: le Shaba méridionale (Zaïre). Evolution sédimentaire et tectonique du Supergroupe de Roan au Groupe du Kundelungu inférieur (Supergroupe du Kundelungu). Thèse Doct Etat, Univ du Maine, 316 pp
- Cahen L (1950) Le Calcaire de Sékélolo, le Complexe tillitique et la Dolomie rose C₁ dans l'Anticlinal de Congo dia Kati (Bas-Congo). Ann Mus Congo Belge, Tervuren, Belgique, Sér 8^e, Sci Géol 7:1-55
- Cahen L (1978) La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congolien dans les zones médianes et externes de l'orogénèse ouest-congolienne (Pan-Africain) au Bas-Zaïre et dans les régions voisines. Ann. Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér 8^e, Sci Géol 83:150 pp
- Cahen L (1982) Geochronological correlation of the late Precambrian sequences on and around the stable zones of Equatorial Africa. Precambrian Res 18:73-86
- Chorowicz J, Le Fournier J, Mvumbi MM (1990) La cuvette congolaise du Zaïre un bassin initié au Protérozoïque supérieur. Contribution à l'analyse du réseau hydrographique. C R Acad Sci Paris 311:349-356
- Cornacchia M, Giorgi L (1986) Les séries précambriennes d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaire de la République Centrafricaine. Ann Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér 8^e, Sci Géol 93:51 pp
- Dadet P (1969) Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo-Brazzaville au 1/500 000. Mém BRGM 70:103 pp
- Daly MC, Laurence SR, Diemu-Tshiband K, Matouana B (1992) Tectonic evolution of the Cuvette Centrale, Zaire. J Geol Soc London 149:539-546
- Deffontaines B, Chorowicz J (1991) Principles of drainage basin analysis from multisource data: application to the structural analysis of the Zaire Basin. Tectonophysics 194:237-263
- Denaeyer ME (1928) Esquisse géologique de l'Afrique Equatoriale Française, du Cameroun et des régions limitrophes. C R Acad Sci Paris 187:658-660
- Dianzenza N'Défi H (1983) Les sédiments du Protérozoïque supérieur et leurs transformations au Nord-Ouest de la cuvette congolaise (Afrique centrale), apport des datations par les méthodes Rb-Sr et K-Ar. Thèse 3^{ème} cycle, Univ Strasbourg, 146 pp
- Eberli GP (1987) Carbonate turbidite sequences deposited in rift-basins of the Jurassic Tethys Ocean (eastern Alps, Switzerland). Sedimentology 34:363-388
- Evrard P (1960) Résultats scientifiques des Missions du syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette congolaise et travaux connexes. Géodésie et Géophysique-Sismique. Ann Mus Roy Congo Belge, Tervuren, Belgique, Sér 8^e, Sci Géol 33:88 pp
- Gioan P, Vicat JP, Maurin JC (1989) Evolution géodynamique du bassin sud-congolais (Niari) au cours du Protérozoïque supérieur. C R Acad Sci Paris 308:1273-1278
- Giresse P (1982) La succession des sédimentations dans les bassins marins et continentaux du Congo depuis le début du Mésozoïque. Sci Géol Bull Strasbourg 35:183-206
- Godivier R, Legeley A, Albouy Y (1986) Levés gravimétriques de reconnaissance, Congo-Gabon. Rapp ORSTOM: 1-11
- Grotzinger JP (1986) Evolution of early Proterozoic passive-margin carbonate platform, Rocknest Formation, Wopway orogen, Northwest Territories, Canada. J Sedim Petrol 56:831-847
- Homewood P, Allen P, (1981). Wave-, tide-, and current controlled sandbodies of Miocene Molasse, Western Switzerland. Bull Am Assoc Petrol Geol 65:2534-2545
- Inda HAV, Barbosa JF (1978) Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1/1 000 000. Gov Bahia, Sec Min Energ, CPM: 71-87
- Lasserre M, Soba D (1979) Migmatization d'âge panafricain au sein des formations camerounaises appartenant à la zone mobile d'Afrique Centrale. C R Somm Soc Géol Fr 2:64-68
- Nzenti JP, Barbey P, Maucadière J, Soba D (1988) Origin and evolution of the late Precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). Precambrian Res 38:91-109
- Odin GS, Odin Ch (1990) Echelle numérique des temps géologiques. Géochronique 35:12-25
- Penaye J, Toteu SF, Van Schmus WR, Nzenti JP (1993) U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé series, Cameroon: re-interpretation of the granulitic rocks as the suture of a collision in the "Centrafrican" belt. C R Acad Sci Paris 317:789-794
- Poidevin JL (1985) Le Protérozoïque supérieur de la République Centrafricaine. Ann Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér.8^e, Sci Géol 91:75 pp
- Rolin P (1995) La zone de décrochements panafricains des Oubanguides en République centrafricaine. C R Acad Sci Paris 320:63-69
- Seilacher A (1969) Fault-graded beds interpreted as seismites. Sedimentology 13:155-159
- Schroeder JW (1981) Oil search in the heart of Africa: a working hypothesis. Bull Ver Schweiz Petrol Geol Ing 47:31-37
- Tessier B (1990a) Enregistrement des cycles tidaux en accretion verticale dans un milieu actuel (la baie du Mont-Saint-Michel), et dans une formation ancienne (la molasse du bassin de Digne). Mesure du temps et application à la reconstitution des paléoenvironnements. Thèse, Univ Caen, 122 pp
- Tessier B (1990b) Critères de reconnaissance des cycles tidaux en forage (carottes et pendagemétrie simulée). Bull Centres Rech Explor Prod Elf-Aquitaine 14:511-520
- Tessier B, Monfort Y, Gigot P, Larssonneur Cl (1989) Enregistrement des cycles tidaux en accretion verticale, adaptation d'un outil de traitement mathématique. Exemples en baie du Mont-Saint-Michel et dans la molasse marine miocène du bassin de Digne. Bull Soc Géol. Fr 5:1029-1041
- Thibaut PM (1983) Synthèse des travaux de la convention Zaïre-BRGM 1969-1980. Géologie et minéralisations de la région de l'Equateur. Dép Mines Rép Zaïre 1:22-68
- Toteu SF, Bertrand JM, Penaye J, Maucadière J, Angoua J, Barbey P (1989) A tectonic keystone in Pan-African network. In: Lewry JF, Strauffer MR (eds) The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America. Spec Pap Geol Assoc Can 37:483-496
- Verbeek T (1970) Géologie et lithologie du Lindien (Précambrien supérieur du Nord de la République démocratique du Congo). Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Ann Sér 8^e, Sci Géol 66:311 pp
- Vicat JP, Gioan P, Albouy Y, Cornacchia M, Giorgi L, Blondin P (1989) Mise en évidence sur la bordure ouest du craton du Congo, de fossés d'effondrement d'âge protérozoïque supérieur, masqués par des formations phanérozoïques de la cuvette du Zaïre. C R Acad Sci Paris 309:1207-1223
- Villeneuve M (1983) Les sillons tectoniques du Précambrien supérieur dans l'Est du Zaïre. Comparaisons avec les directions du rift est africain. Bull Cent Rech Explor Prod Elf-Aquitaine 7:163-174
- Vincent P, Wolff JP (1954) Sur l'existence d'un complexe tillitique en Oubangui-Chari. C R Somm Soc Géol Fr 14:352-354
- Williams GE (1989) Late Precambrian tidal rhythmites in South Australia and the history of the Earth's rotation. J Geol Soc London 146:97-111
- Wright LD, Chappel J, Thom BG, Bradshaw MP, Cowell P (1979) Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems. Southeastern Australia. Mar Geol 32:105-140

ORIGINAL PAPER

Ph. Alvarez

Evidence for a Neoproterozoic carbonate ramp on the northern edge of the Central African craton: relations with Late Proterozoic intracratonic troughs

Documentation
Je 29/01/96
[Signature]

Received: 16 May 1994 / Accepted: 5 March 1995

Abstract During Late Proterozoic times, the Archaean Central African craton was affected by trough faulting which led to the formation of grabens, the Sangha aulacogen being the main structure of this type in the studied area. This transverse basin connects with other basins on the northern and south-western borders of the craton. During the Cryogenian, this network of basins was filled with fluvio-deltaic and lacustrine periglacial deposits. The glacio-eustatic transgression in Neoproterozoic III (end-Proterozoic) times flooded extensive areas of shelf on the northern edge of the craton, leading to the development of carbonate sedimentation in a broad outer shelf environment associated with near-shore barriers and evaporitic lagoons. These facies are similar to those developed in the West Congolian Schisto-calcaire (shale–limestone) ramp succession. The North-Central African ramp succession (sediment slope) contains an example of tidal rhythmites in vertical accretion, which occurs beneath the barrier deposits on the subtidal outer shelf. Mathematical analysis of the bedding pattern yields a period of 29–30 days for the lunar month, a result which is in agreement with astrophysical evidence for this epoch (i.e. 650 Ma ago). Major subsidence and seismic activity on this gently sloping platform, associated with the proximity of the Sangha aulacogen, caused the triggering of carbonate turbidites and mass flow deposits. The proliferation of microbial mats under euphotic conditions on an extensive shelf led to the build-up of a carbonate platform. During early Neoproterozoic III times, the West Congolian and North-Central African ramps prograded northwards and southwards, respectively, into the Sangha aulacogen. The sea at that time was restricted to a long graben-like basin, while a remaining area of marine sedimentation persisted into the Palaeozoic.

Thus the pattern of end-Proterozoic carbonate sedimentation on the borders of the Central African craton can be interpreted in terms of an overall gently sloping ramp model with progradation converging towards the Sangha aulacogen.

Key words: Tidal rhythmite deposits · Carbonate turbidites · Mass flow deposits · Seismites · Carbonate ramps · Sangha aulacogen · Late Proterozoic (Neoproterozoic) · Central African craton

Introduction

Formations attributed to the Late Proterozoic or Neoproterozoic (Odin and Odin 1990) make up a discontinuous aureole around the extensive Central African craton (Figs 1A and 1B); they are grouped together into two main lithostratigraphic units: the West Congolian Supergroup (Dadet 1969; Cahen 1978; Boudzoumou and Trompette 1988; Alvarez 1995) which crops out to the south-west of the craton in the Bas-Congo Basin (southern Congo, Bas-Zaire, Angola, Gabon and Equatorial Guinea); and the Lindian Supergroup of northern Zaire (Verbeek 1970), which is found to the north, east and south-west of the craton and has stratigraphic equivalents in the Late Proterozoic succession of the Central African Republic (CAR) (Poidevin 1985) and Shaba (ex-Katanga, south-eastern Zaire: Villedeneuve 1983; Buffard 1988).

Late Proterozoic formations also crop out in the middle of the Central African craton, in south-eastern Cameroon (Dja Series: Bessoles and Trompette 1980) and in northern Congo along the lower reaches of the Sangha river (Denaeyer 1928; Bessoles and Trompette 1980; Poidevin 1985). These formations are also recognized – or assumed to occur – in downfaulted parts of the craton, where they are concealed beneath recent deposits of the Cuvette congolaise (Cuvette Centrale or Central Basin of Zaire).

Philippe Alvarez
 Laboratoire de Géobiologie, Biochronologie et Paléontologie humaine, Faculté des Sciences, 86022 Poitiers, France

Projet Carbonate, Faculté des Sciences, Université de Bangui, B.P. 934, Bangui, Centrafrique

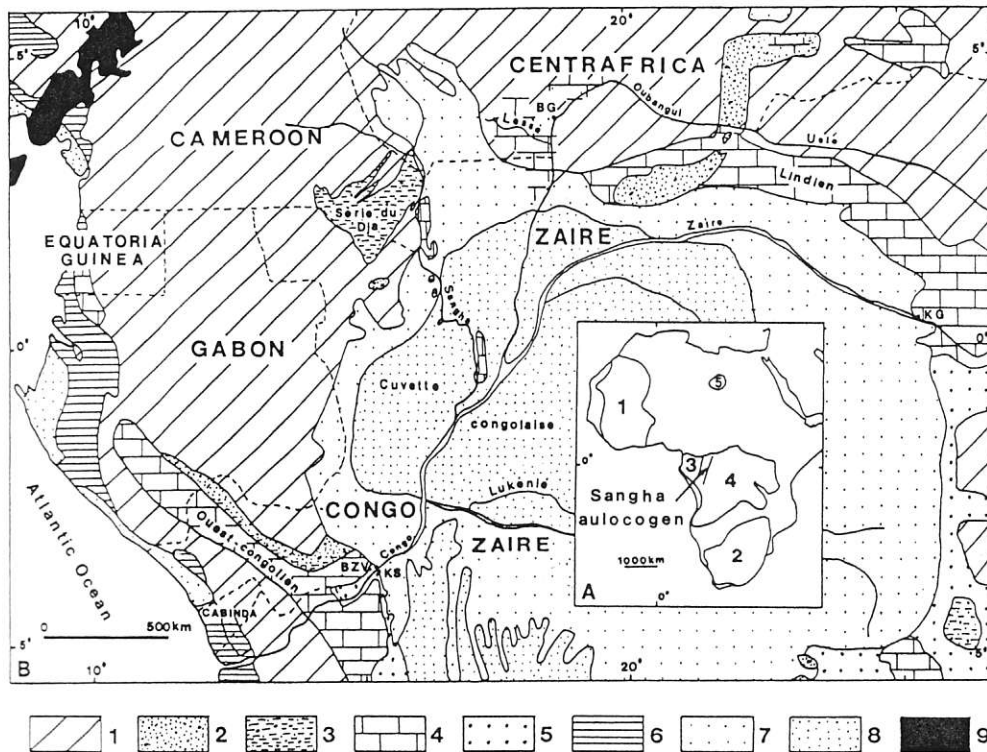


Fig. 1A Inset map showing location of Sangha aulacogen in relation to the main Archaean cratons of Africa. 1, West African craton; 2, South African craton; 3 and 4, Central African craton, comprising Chaillu-Ntem block (3) and Congo-Zaire craton (4); and 5, Nilotic craton, comprising Sudan, Chad and Somalia basins. **B** Geological sketch map of Central Africa showing distribution of Late Proterozoic sedimentary successions. BG, Bangui; BZV, Brazzaville; KG, Kisangani; and KS, Kinshasa. 1, Undifferentiated Archaean and Early to Middle Proterozoic basement; 2, Late Proterozoic fluvio-deltaic formations; 3, Late Proterozoic glacial formations; 4, West Congolian Supergroup (Schistocalcaire ramp succession and carbonate formations of the Sangha valley) and North-Central African ramp succession (including carbonate formations of the CAR and Lindian Supergroup of the North Zaire and East Zaire); 5, Palaeozoic and Permo-Triassic arkosic formations (Karoo); 6, Mesozoic, Tertiary and Quaternary marine deposits; 7, Jurassic and Cretaceous continental deposits; 8, Recent continental deposits; and 9, Cretaceous, Tertiary and Quaternary volcanic rocks

Late Proterozoic intracratonic troughs

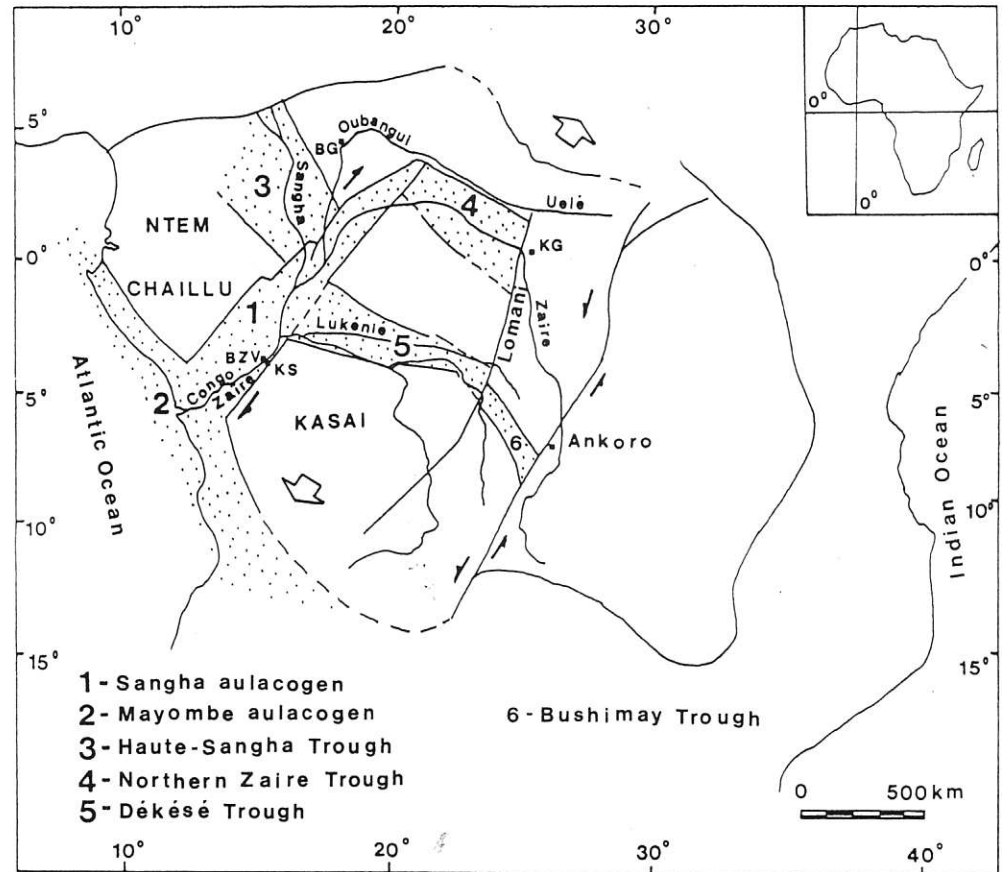
The general topography of the roof of the Precambrian basement beneath the Congo Basin is known from oil exploration work (gravimetric surveys, magnetic and seismic mapping, as well as a few drillholes; Evrard 1960). This work enabled Gresse (1982) to draw a preliminary sketch map of the basement topography showing the existence of major fault troughs and swells affecting the craton. These structures also have a large influence on the present day drainage pattern of the Congo-Zaire and Sangha, as well as the Ubangi and Uélé rivers (Figs 1 and 2). Thus the Congo-Zaire river crosses the Central African craton from north-east to south-west.

The analysis of LANDSAT-MSS satellite imagery of the Congo Basin has essentially led Chorowicz et al. (1990) and Daly et al. (1992) to propose a new structural model which reflects the major role of distension during the Late Proterozoic; the basins so formed are separated by tilted blocks linked by NE-SW and ESE-WNW trending wrench faults. In this model, formation of the Cuvette congolaise implies a relative south-westward movement of the Archaean Kasai block with respect to a supposedly fixed block corresponding to the Central African craton (Fig. 2). This displacement came about by dextral strike-slip movements along a fault now followed by the Congo-Zaire river, as well as by sinistral strike-slip along the major shear zones of Ankoro and Lomani (Fig. 2). The part of the craton affected by this deformation underwent a large amount of extension leading to the formation of WNW-ESE trending basins and NE-SW striking faults. In this highly distensive tectonic regime, the Cuvette congolaise acquired its distinctive character by strike-slip movements of the Kasai block along NE-SW striking wrench faults (Chorowicz et al. 1990; Deffontaines and Chorowicz 1991).

Figure 2 shows the position of major fault troughs that are thought to have affected the Central African craton during the Late Proterozoic; this sketch map also serves to define the terms used in the present study.

In its western part, the Archaean granite-gneiss terrain is downwarped beneath a NE-SW trending fault basin known as the Bas-Congo aulacogen (Schroeder 1981) or Sangha aulacogen (Poidevin 1985; Vicat et al. 1989). This downfaulted zone separates the Ntem-

Fig. 2 Major Late Proterozoic fault troughs of the Central African craton



Chaillu block of Cameroon, Equatorial Guinea, Gabon and Congo in the west from the Congo-Zaire craton further east (Figs 1A and 2). In the Congo and Bas-Zaire, the southern extremity of this long trough connects with the NW-SE trending orthogonal Mayombe aulacogen (Boudzoumou and Trompette 1988).

To the north, the Ntem-Chaillu block is bordered on its north-eastern flank by a wide NNW-SSE trending fault trough, which is referred to as the Haute-Sangha Trough (3, Fig. 2; see also Fig. 3).

The Congo-Zaire craton has been affected by the subsidence of numerous fault basins. In this study, particular attention is focused on two main sets of troughs which are perpendicular to the Sangha aulacogen (Fig. 2):

1. The Northern Zaire Trough (4, Fig. 2) follows a NW-SE trend on the northern edge of the Congo-Zaire craton. Further north, this trough approaches the Uélé and Ubangui rivers and is abruptly cut off to the east by the Lomani strike-slip fault near Kisangani. According to Giresse (1982), the Northern Zaire Trough deepens progressively from east to west. The underlying basement is encountered in a drillhole at a depth of 1170 m; it is covered by red metasedimentary rocks of impure sandstone composition (psammites) that could be either Precambrian or Palaeozoic in age.

2. The WNW-ESE trending Dékésé Trough (5), which is located to the south of the Congo-Zaire craton, appears to have suffered a greater amount of subsidence than the Northern Zaire Trough. This trough and the Bushimay Trough (6) also exhibit progressive deepening towards the Sangha aulacogen. Red beds similar to those in the Northern Zaire Trough are encountered in drillings at 1680 m. However, older sandstones and carbonates (low-grade or unmetamorphosed units) are detected by seismic reflection above a basement that is assumed to lie at 3500-4000 m.

In the West Congolian Supergroup, dolerite dykes were emplaced around 950 Ma ago on the southern edge of the Chaillu block (Dianzenza N'Défi 1983), reflecting an episode of distension at that time. When structural basins are formed in this type of extensional regime, the initial phase of stretching produces thermal subsidence due to re-equilibration of the lithosphere; in some instances, the tectonic readjustment may persist for 150 Ma or more (Chorowicz et al. 1990). Thus events linked to the opening of the southern extremity of the Sangha aulacogen (the Comba Basin; Alvarez and Maurin, 1991) during the early Neoproterozoic (about 800 Ma ago) may well result from distension which began 150 Ma earlier and which probably continued into the Cryogenian. Such a hypothesis is supported by geophysical and structural data (respectively,

Fig. 3 Neoproterozoic stratigraphic correlation between West Congolian Supergroup and formations of the North-Central African ramp succession (including Lindian Supergroup of North Zaire)

		WEST-CONGOLIAN SUPERGROUP CONGO-GABON BAS-ZAIRE ANGOLA	SW-CAMEROON NORTH-CONGO SW-CENTRAL AFRICAN REPUBLIC	BANGUI AREA	SE-CENTRAL AFRICAN REPUBLIC NORTH & NE-ZAIRE
NEOPROTEROZOIC	Neoproterozoic III	630 Ma Mpioka Formation Pan-African Schisto-calcaire cycle	620 Ma Pan-African Haute-Sangha carbonate Formation	Fatima-Gallo Formations Lessé-Possel rhythmites	Dialinga Formation Bili Formation Bakouma Formation
	Cryogenian	Upper diamictite Formation Bouenza-Louila Formations Mossouva-Mvouti Formations	Tillitic complex Dja Pelite Bandjia tillitic complex	Feldspathic sandstone and black quartzite Bimbo Formations conglomerate-argillite	Varve de Bondo Sandstone Géména-Kembé-Nakando Formations Tillitic Panga Group
	Tonian	Rhyolite	?		
		1050 Ma			

Godivier et al. 1986; Gioan et al. 1989), which show that a shallow trough was formed at the site of the Comba Basin between 950 and 700 Ma ago.

In the northern part of the Sangha aulacogen (Fig. 2), dolerites are seen to cut quartzites that are attributed to the Neoproterozoic (Poidevin 1985). These intrusive rocks are sometimes feeders to pillow lava flows, whereas locally in the Lobaye river basin (Fig. 4) there is evidence for the existence of a drowned fault trough. The age of emplacement of the dolerites is around 950 and/or 660 Ma (Poidevin personal communication).

Cryogenian to Neoproterozoic III sedimentation on the Central African craton

The Late Proterozoic deposits to the south of the Sangha aulacogen belong to the West Congolian Supergroup. To the north of this long trough-like basin and the Northern Zaire Trough, however, deposits of the same age are assigned to the Lindian Supergroup (Fig. 1). Although Late Proterozoic deposits may be to a large extent preserved in the series of major fault troughs just described (Fig. 2), they are concealed beneath recent sediments in the Cuvette congolaise and are only seen at outcrop at each extremity of the Sangha aulacogen and in the lower reaches of the Sangha river of northern Congo (Denaeyer 1928).

An attempt is made in this study to constrain the chronostratigraphy of the West Congolian and Lindian

Supergroups by comparing the ages of the various successions.

Cryogenian fluvio-deltaic and glacial deposits

Around 950 Ma ago, the intrusion of dykes accompanied a distensive tectonic episode that was coeval with or slightly pre-dated the opening of the fault troughs. Both north and south of the aulacogen, Late Proterozoic sedimentation commenced with sandy to conglomeratic deposits and/or shales laid down under ice age conditions (Cahen 1982) that are thought to characterize the Cryogenian (i.e. between 850 and 650 Ma; Fig. 3). Thus it is possible to recognize two main successions: in the south, the Bouenza Formation (deltaic facies) and the Upper Diamictite Formation of the Congo and Gabon (Alvarez and Maurin 1991), as well as the Sekelolo Tillitic Complex in Bas-Zaire (Cahen 1950); in the north and in the Bangui area (Figs 3 and 4), varied deposits including conglomerates, sandstones, sandy diamictites and argillites. These beds are overlain by a thick sequence (Bimbo Formation) of sandstones and conglomerates with bluish green argillite beds, as well as black quartzites and sandstones containing centimetre-sized orthoclase grains (cf. Fatima Series; Bessoles and Trompette 1980; Poidevin 1985). Further to the east, these fluvial units pass into fluvio-lacustrine facies (Géména-Kembé-Nakando Sandstones), which contain glacial sequences in northern Zaire (Panga Group; Verbeek 1970; Thibaut 1983) as well as in the

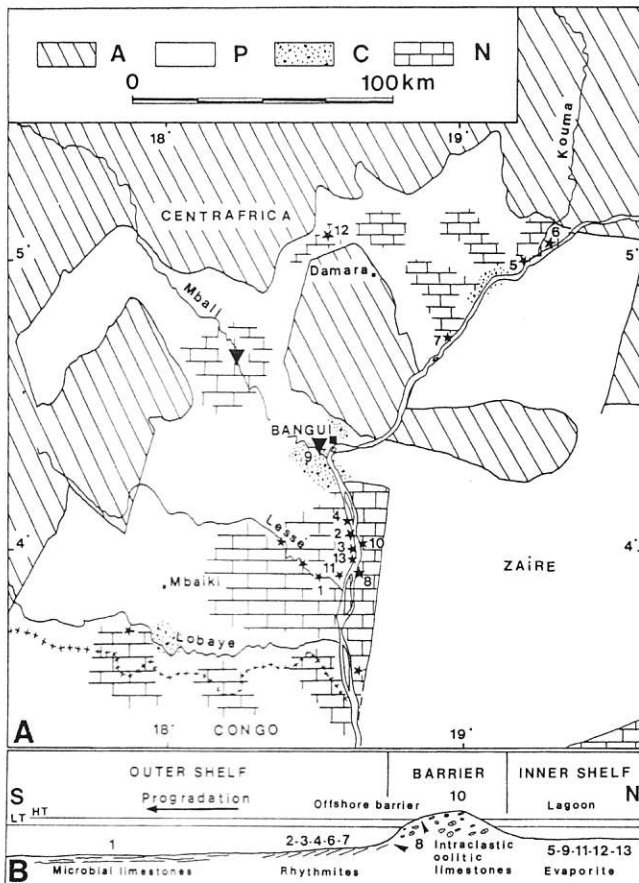


Fig. 4A Geological sketch map showing location of main carbonate formations (★, outcrops; ▼, drillholes) and **B** general distribution of main carbonate facies on an idealized morphodynamic model of the ramp section in the Bangui area. Key: A, Archaean basement complex; P, Early to Middle Proterozoic; C, Cryogenian sandstone formations; and N, end-Proterozoic (Neoproterozoic III) carbonate formations. Locality key: 1, Bobango; 2, Zimba; 3, Bomboko; 4, Bobassa; 5, Possel; 6, Djoukou; 7, Massamba; 8, Mboma; 9, Fatima; 10, oolitic limestones on the Zaire side of the Ubangui; 11, Lessé-Ubangui confluence; 12, former Gallo plantation; and 13, Mondoli

eastern part of the CAR (varved argillites of the Bondo Series; Bigotte and Bonifas 1968; Poidevin 1985). These glacial deposits were laid down under conditions comparable with those proposed for coeval detrital formations occurring in the south-western part of the CAR, in Cameroon (e.g. Dja Tillite, Bandjia Tillite Complex; Vincent and Wolff 1954; Bessoles and Trompette 1980) and in the northern Congo (e.g. Northern Congo Tillite Complex; Bessoles and Trompette 1980).

Neoproterozoic III carbonate shelf sedimentation

The carbonates of the West Congolian Supergroup belong to a Schisto-calcaire cycle accumulated during an eustatic rise in sea level that led to drowning of extensive areas of shelf (Alvarez and Maurin 1991; Alvarez

1992, 1995). The transgressive part of this cycle is related to a general warming of the climate that caused melting of the Cryogenian ice-cap at the beginning of the Neoproterozoic III stage around 650 Ma ago (Fig. 3). Deposits belonging to the regressive part of the cycle make up a gently sloping carbonate ramp without an offshore barrier, comprising an inner shelf environment with lagoons and an outer shelf open towards the sea. The build-up of this sloping shelf is contemporaneous with the earliest effects of the Pan-African orogeny in the West Congolian Basin at around 630–600 Ma (Fig. 3). Progradation was directed towards the north-west (i.e. towards the Sangha aulacogen; Alvarez 1992).

Thus the Schisto-calcaire cycle described here is composed of a transgressive phase – clearly glacio-eustatic in origin – followed by a regressive phase linked mainly to tectono-eustatic effects. Taking into account the recently refined chronostratigraphy for Late Proterozoic times, it appears that the transgressive/regressive sequence was laid down during the Neoproterozoic III, in particular between ca. 650 and 600 Ma ago.

Although the carbonate formations of southern and northern Congo (lower Sangha river, see Fig. 3) are situated at either extremity of the Sangha aulacogen (Fig. 1), they display very similar facies and are correlated with the West Congolian Schisto-calcaire cycle (Denaeyer 1928).

As the Neoproterozoic deposits occurring both north and south of the Sangha aulacogen can be assumed to be coeval, the present study aims to characterize the sedimentary environments of carbonates accumulated in the northern part of the aulacogen and compare them with sequences of the Schisto-calcaire cycle (West Congolian Supergroup) that were laid down on a gently sloping shelf located further south.

Neoproterozoic III carbonate formations of the Bangui area

For a long time, the existence of carbonate formations in the Bangui area was not suspected as outcrops only appear in marshy areas during drought or along water courses during periods of the lowest river level (Fig. 4A). The main outcrops so far recorded are relatively close to Bangui, including the former Gallo plantation to the north, the Massamba-Possel-Djoukou area to the north-east and the Lessé river basin to the south. In addition, outcrops have been found on both banks of the Ubangui river south of Bangui (e.g. Bobassa, Zimba, Bomboka, Mondoli in the CAR and Mboma in Zaire). The occurrence of carbonate formations near the surface is indicated by the presence of extensive depressions which display pseudo-karst topography (Boulvert and Salomon 1988). Rocks of the Fatima Series have been recognized in drillings carried out in 1958 on the western outskirts of Bangui (Bessoles and Trompette 1980).

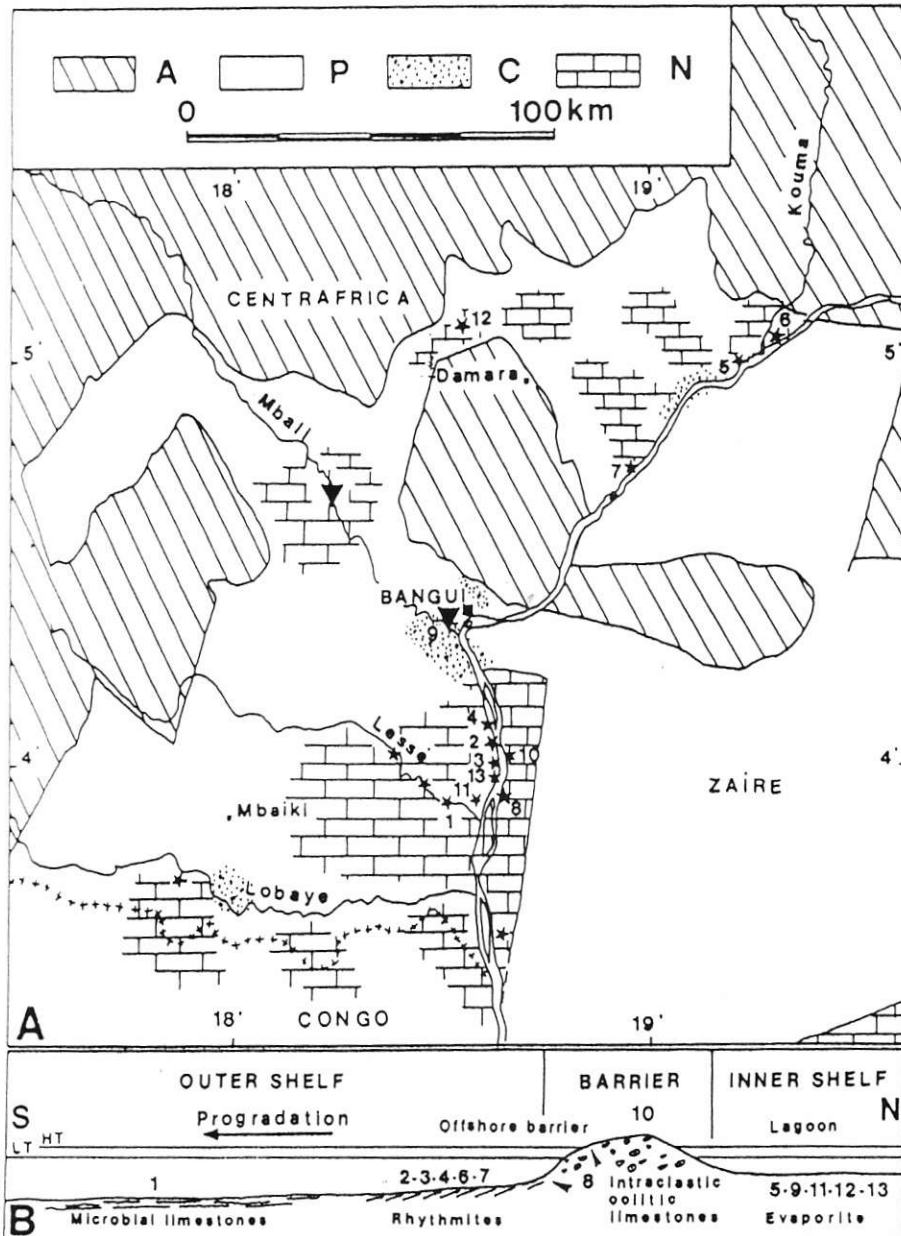


Fig. 4A Geological sketch map showing location of main carbonate formations (★, outcrops; ▼, drillholes) and B general distribution of main carbonate facies on an idealized morphodynamic model of the ramp section in the Bangui area. Key: A, Archaean basement complex; P, Early to Middle Proterozoic; C, Cryogenian sandstone formations; and N, end-Proterozoic (Neoproterozoic III) carbonate formations. Locality key: 1, Bobango; 2, Zimba; 3, Bomboko; 4, Bobassa; 5, Possel; 6, Djoukou; 7, Massamba; 8, Mboma; 9, Fatima; 10, oolitic limestones on the Zaire side of the Ubangui; 11, Lessé-Ubangui confluence; 12, former Gallo plantation; and 13, Mondoli

Subvertical carbonate beds preserved in the fault troughs are affected by isoclinal folds with axes striking N110 to 130E. According to Rolin (1995), this Pan-African deformation occurred after 640 Ma and can be correlated with a similar phase of folding recorded in Cameroon that has been dated at 565 ± 22 Ma (Lassere and Soba 1979; Nzenti et al. 1988; Toteu et al. 1989).

In the light of the above considerations, the post-Cryogenian carbonates of the Bangui area should be attributed to the Neoproterozoic III stage.

Outer shelf deposits

Distal outer shelf facies: Lessé limestones

Beige micritic limestones crop out in the bed of the Lessé near Bobango village (locality 1, Fig. 4A and 4B). Intervals of whitish micrite with slightly wavy millimetre-scale laminations are draped by thin intercalations of greyish micrite (interval a, Fig. 5). The laminated intervals are locally broken up into discontinuous horizons (b) containing lithoclasts derived from the reworking of the micritic limestones.

These beds are interpreted as micritized limestones with microbial laminations; they were probably built up on top of small-scale depositional sequences that accumulated in a distal outer shelf environment with slow settling out of sedimentary particles.

Other lithofacies associated with the laminated microbial limestones may be interpreted as carbonate turbidite units and seismically disturbed deposits (or seismites).

Complete carbonate turbidites. In some sections, thin intraclastic horizons (c, Fig. 5) are observed overlying a zone of disrupted material (b) derived from the typical microbial mat facies of the Lessé limestones. The intraclastic horizon is capped by a whitish micrite/microsparite interval (d) exhibiting curved fracture planes filled by microsparitic calcite.

The uppermost interval (d) may be considered as an allochthonous deposit, resulting from the gravity-driven flow of a mass of sediment. This type of unit may be identified as a fully developed calciturbidite (cf. 'complete calciturbidite' in the sense of Eberli 1987). Such deposits commonly form in the distal parts of the outer continental shelf.

Fault-graded deposits (seismites). A number of sections show the following sequence, from top to base (see Fig. 6): an undisturbed well-laminated interval (undisturbed sediment, a); an interval with barely visible lamination (soupy and rubble zones, b and c); and an interval with disturbed centimetre-scale laminae segmented into horizontal layers (segmented zone, d).

Many small fractures are seen, mainly affecting zones with disrupted lamination, but these structures disappear abruptly towards the base of the sequence. Seilacher (1969) has proposed that this type of deposit (seimite or fault-graded bed) shows evidence of disturbance by seismic activity. The effect of seismic waves

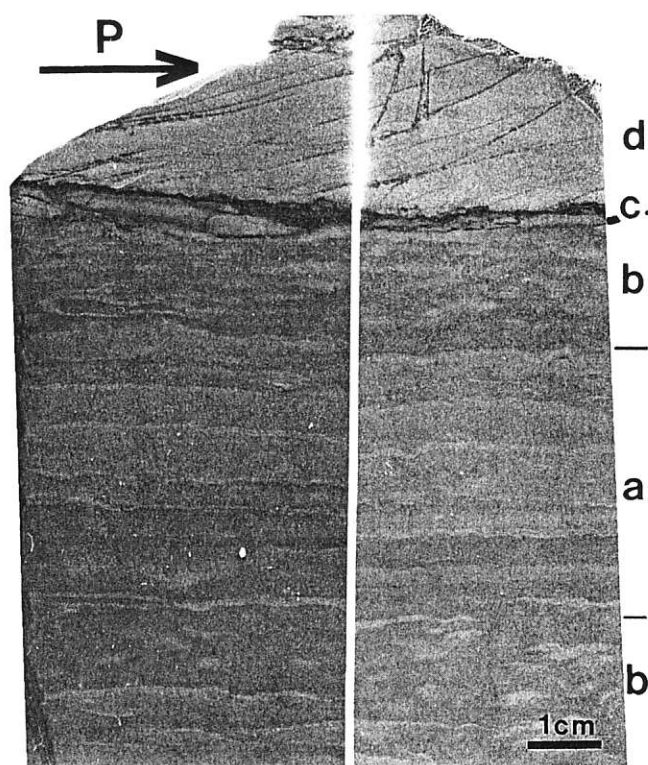


Fig. 5 Orthogonal sections of laminated limestone layer capped by the base of a complete calciturbidite (Lessé river, Fig. 4). Key: a, micritic limestone with microbial laminations; b, limestone with segmented and disturbed microbial laminations; c, erosive base of turbidite, containing sparry intraclastic limestone; and d, microsparite with curved fracture planes indicating direction of slumping (P)

passing through water-rich surficial sediments favours fluidization and causes obliteration of the original bedding; at the same time, fractures appear in the underlying, more compact layers.

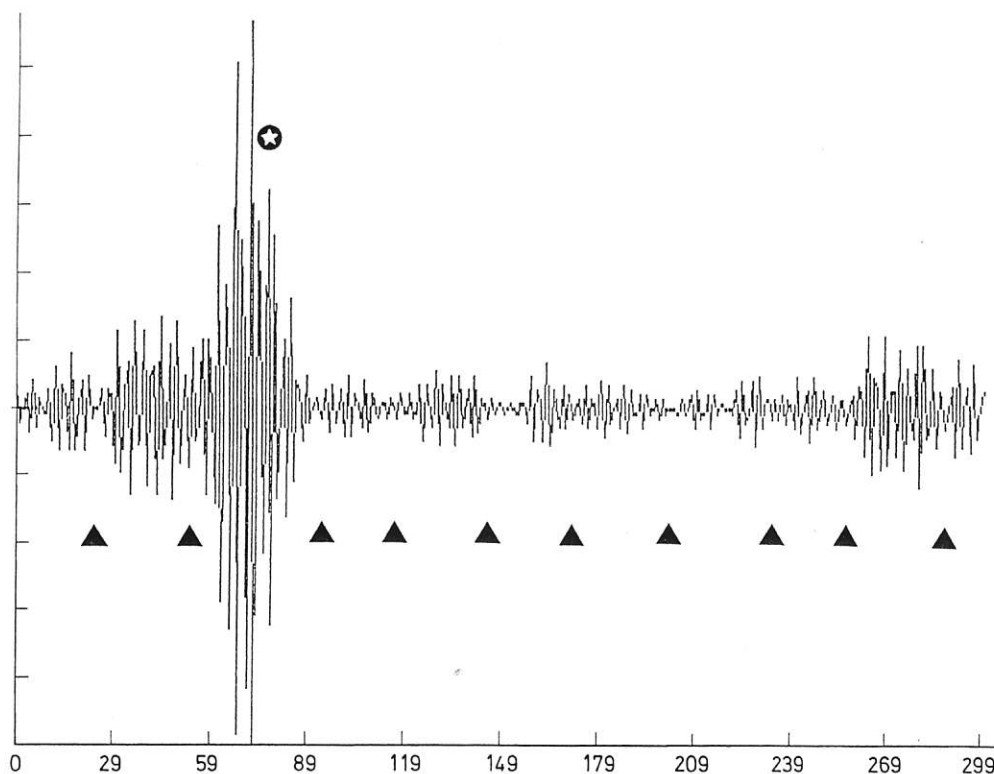
Seismic activity could have occurred on a subsiding margin near active faults associated with the Sangha aulcogen. The remobilization of the uppermost part of the sedimentary cover, due to seismic shocks, could have triggered gravity-driven mass flows leading to the formation of carbonate turbidite sequences on the gently sloping shelf.

Proximal outer shelf facies: Bobassa rhythmites formation

The beige limestones of the Bobassa Formation should actually be considered as making up a major carbonate unit in their own right. Accessible outcrops can be observed at Zimba, Bomboko and Bobassa (localities 2, 3 and 4 on Fig. 4A and 4B).

Description. To the north of Zimba village (locality 2, Fig. 4), a continuously exposed section of at least 500 m can be observed during periods of low river level. At this locality, the Bobassa Formation is composed of subvertical massive limestones striking N110E.

Fig. 8 Evidence of lunar-related cycles in the Bobassa Formation at Zimba. Vertical axis shows thickness of doublets and horizontal axis measured interval number, star in circle, indicates a barely distinguishable cycle



the semi-lunar cycle, in particular the effects arising from cyclic changes of tidal amplitudes in a shallow subtidal or intertidal depositional environment.

Although the influence of the lunar cycle in prograding sequences is now well established (Homewood and Allen 1981), the recognition of such effects in vertically accreted deposits is more recent. A mathematical approach has been developed to treat this type of sequence based on the study of present day supratidal and Miocene subtidal deposits (Tessier et al. 1989; Tessier 1990a, 1990b). This work is supplemented by studies on ancient rhythmically bedded deposits (Late Proterozoic) such as the Elatina Formation in South Australia (Williams 1989). The results of these studies serve as a basis of comparison for the identification of tidal periodicity in sedimentary deposits.

The periodicity recorded in the Bobassa limestones is entirely compatible with a semi-lunar cycle. Assuming two tides per day, as observed in most seas at the present day, such an interpretation is plausible in the light of the data provided by Williams (1989) concerning the Elatina Formation. In fact, the rhythmic beds of the Elatina Formation are situated at the top of a glacio-marine succession whose age has been estimated at 650 Ma. These beds have provided detailed information on astronomical parameters: the lunar cycle (sy-

nodic revolution) is estimated at 30.5 ± 1.5 days, whereas the length of the year was 400 ± 20 days.

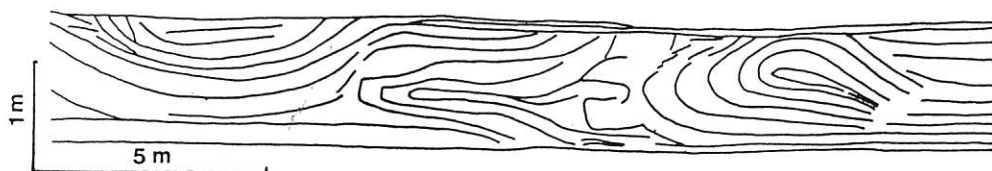
The Bobassa rhythmites show no evidence of emergence, so they probably represent subtidal deposits typical of a shallow ramp environment with unrestricted access to the open sea.

Mass flow deposits. The rhythmic sequences at Zimba (locality 2, Fig. 4) also contain slumped intervals, varying in thickness from 10 cm up to about 1 m, which are delimited by planar contacts (Fig. 9). These deposits show contorted bedding (slump pillows) with syn-sedimentary folds that indicate slow mass flow directed broadly towards the south.

The units with contorted bedding may be interpreted as partially developed carbonate turbidite sequences (cf. incomplete calciturbidites of Eberli 1987) resulting from the slow gravitational flow of large volumes of sediment over short distances. This movement would have occurred on a ramp sloping gently towards the south – that is towards the Sangha aulacogen (Fig. 2). The seismic activity in this domain would have favoured the slumping of sediment.

Recrystallized rhythmic sequences (Djoukou). Between Possel and Djoukou (localities 5 and 6, Fig. 4), white limestones occur as asymmetrically folded subvertical beds striking N130E, which crop out at lowest river le-

Fig. 9 Sketch section of deformed unit produced by gravity-driven mass flow of rhythmic beds. The traces of original bedding are contorted



vel. This formation is made up of rhythmically bedded deposits, the first-order sequence being composed of a doublet containing parallel laminated white sparite (ca. 1–10 cm thick) overlain by a greenish millimetre-thick layer with chlorite and pyrite cubes several millimetres in size. Towards the east, the schistose texture of the rock and the development of talc indicates that the formation has undergone low-grade metamorphism.

The recrystallized white limestones of Possel-Djoukou as those of Massamba (locality 7, Fig. 4), may be correlated with the subtidal rhythmites at Bobassa, 150 km further south-west. These rhythmic sequences have probably not been deposited simultaneously in the same sedimentary environment extending between the different present day outcrops, but rather reflect the southward progradation of a particular and localized type of facies. According to the gently sloping carbonate ramp model, this facies occurs offshore from the barrier beach.

Estimates of subsidence. In the Bobassa deposits, each semi-lunar cycle (half-synodic revolution) appears to correspond to approximately 500 mm of compacted sediment. This implies that 1.3–1.4 m of uncompacted sediment would accumulate during a complete lunar cycle. Such a high rate of sedimentation is close to that inferred for the Digne Basin Molasse (Tessier 1990a, 1990b), but three to four times greater than the value obtained for the Cryogenian rhythmites of South Australia (Williams 1989). The apparently high sedimentation rate for the Bobassa deposits suggests that major subsidence occurred in this region as a result of tectonic activity related to the Sangha aulacogen.

In this context, it is possible to envisage that subsidence of the aulacogen suddenly accelerated due to a rapid increase in sediment load combined with an increase in water depth linked to the major glacio-eustatic transgression during end-Proterozoic times. This enhanced deepening of the fault trough is associated with the isostatic readjustment of emergent land areas, which is probably related to an early phase of the Pan-African orogeny. At a later stage, continuing orogenic activity led to decreased water depths on the continental shelf and accelerated progradation of the sediment ramp. The rapid advance of this sedimentary ramp towards the Sangha aulacogen may be considered as the main factor controlling deposition of the Bobassa and Possel-Djoukou rhythmites, which make up a succession about 500 m thick, in such a short span of time over such an extensive area.

Offshore barrier facies: Mboma limestones (intraclastic and oolitic)

Description

Three outcrops of white limestone are found on the eastern bank of the Ubangui river (in Zaire) near the village of Mboma (locality 8, Fig. 4A and 4B). These

beds, which dip 60° to the north and strike N130E, are made up of deposits laid down in a transitional zone between the outer shelf and the offshore barrier.

The southernmost outcrop (A) comprises about 10 depositional sequences containing 60–80 cm thick limestone units separated by millimetre-thick brown intercalations. Each of these elementary sequences contains fine intraclastic limestones at the base, showing herringbone cross-bedding commonly associated with trough cross-beds, which grade upwards into finer grained limestones. This set of beds (A_1) is overlain by about 10 m of massive limestone (A_2) containing intraclasts up to a few centimetres in size, as well as minute ooids, oncoids and aggregates. The coarser grained intraclastic beds exhibit well-developed herringbone cross-bedding, indicating a dominant SE–NW sediment transport direction in a tidal regime.

Another outcrop of limestone (B), extending over a distance of about 30 m, is located further upstream; it is composed of fine-grained 10 cm thick beds of intraclastic limestone, showing contorted lamination, intercalated with 1–10 cm dark brown layers of recrystallized and silicified limestone of nodular appearance. These latter beds are affected by slump structures which display variable palaeoslope directions. The upper surface of these beds forms a substrate for columnar stromatolites which show a N–S orientation. In addition, the limestones at this locality contain 10 cm thick partings of well-bedded grey clay and an interval of fine-grained white limestone showing rhythmic layering with brown indurated layers. The white limestone is similar to the sequences observed in the Bobassa rhythmites formation (Fig. 7). Finally, there is a bed of bluish limestone with abundant small pinkish lenticular bodies that could be interpreted as acicular pseudomorphs, probably after gypsum. The fractures within this bed are lined with siliceous coatings containing crystals of diopside.

The outcrop of Mboma limestones situated furthest upstream (C) comprises 3 m of massive oolitic/oncolitic/gravelly limestone containing fine-grained intraclasts and displaying herringbone cross-bedding.

Interpretation

High foreshore deposits. The intraclastic, oolitic and oncolitic limestones of sequences A_2 and B are typical of sedimentation under agitated conditions; the tidal flow was possibly developed on the high foreshore facing the open sea.

Lower foreshore deposits. The rhythmic alternation of intraclastic limestones with herring bone cross-bedding and brown partings in the A_2 sequence is indicative of regular fluctuations in sedimentary regime from calm to agitated conditions.

The presence of a rhythmically bedded intercalation within outcrop B suggests, by analogy with the Bobassa Formation (Fig. 7), that the sedimentation was in-

fluenced by subtidal tidal currents. The periodic settling out of clayey material indicates that calm conditions may have occurred from time to time in this lower foreshore environment. Microbial activity in this zone has led to the development of columnar stromatolites in front of the nearshore barrier. Finally, the occurrence of a bed containing pseudomorphs after gypsum provides evidence of temporary emergence in the intertidal and supratidal zones.

The lamination within the intraclastic limestones and silicified contorted beds at outcrop B is indicative of gravity-driven mass flows of sediment over short distances and steep slopes.

Reflective-type shore profile

In a typical shore profile, the occurrence of dominantly intraclastic material implies the action of destructive breakers associated with an abrupt change in slope between the high and lower foreshore. This morphology appears to correspond to a reflective-type profile (Wright et al. 1979). In the context of the palaeogeographical reconstruction proposed here, the transition between an emergent barrier beach and the open marine environment is consistent with a reflective-type shore profile. The intertidal zone corresponds to a high-energy environment developed at the front of the berm on the steeply sloping part of the foreshore. The intraclastic material removed from restricted areas of the high foreshore during spring tides is deposited in the subtidal lower foreshore zone under the effects of tidal currents. In fact, reflective-type coastlines are straight, with very little intertidal deposition.

The high foreshore is broad, extending up into the supratidal zone. Intraclastic deposits showing herringbone cross-bedding are laid down in this zone during spring tides. The lower foreshore corresponds to a transition between the foot of the intertidal beach slope and the more gentle gradient of the subtidal terrace. This subtidal environment is characterized by tidally dominated deposits and frequent mass flows.

Barrier-type deposits

Oolitic limestones comparable with those making up the barrier deposits of the South Congo ramp succession are very poorly exposed in the Bangui area. Nevertheless, occurrences of this rock-type have been recorded at several localities: in Zaire, on the eastern bank of the Ubangui 35 km downstream from Bangui (locality 10, Fig. 4A and 4B), Cornacchia and Giorgi (1986) have described an outcrop which comprises 200 m of steeply dipping white oolitic limestone striking NW-SE; south of Bangui, pebbles of chert containing greyish millimetre-sized ooids have been found in the bed of the Ubangui (Thibaut 1983; Cornacchia and Giorgi 1986).

Lagoonal deposits

a) Fatima Formation

The drillcores in the Fatima Formation at locality 9 (Fig. 4) are composed of steeply dipping and highly fractured grey limestones with black dolomitic intercalations up to several centimetres thick; the total thickness of the formation is more than 300 m (Poidevin 1985). The dolomitic layers, which are locally exfoliated and/or pyritous, are characterized by the presence of microbial beds (Fig. 10). The occurrence of shrinkage cracks, now filled with clear calcite, is indicative of repeated episodes of emergence. This lithofacies is closely similar to the lagoonal deposits of the West Congolian Schisto-calcaire ramp succession (Alvarez 1992, 1993). In this light, the Fatima Formation may be interpreted as a carbonate unit containing microbial mats as well as anhydrite layers transformed by post-depositional dolomitization.

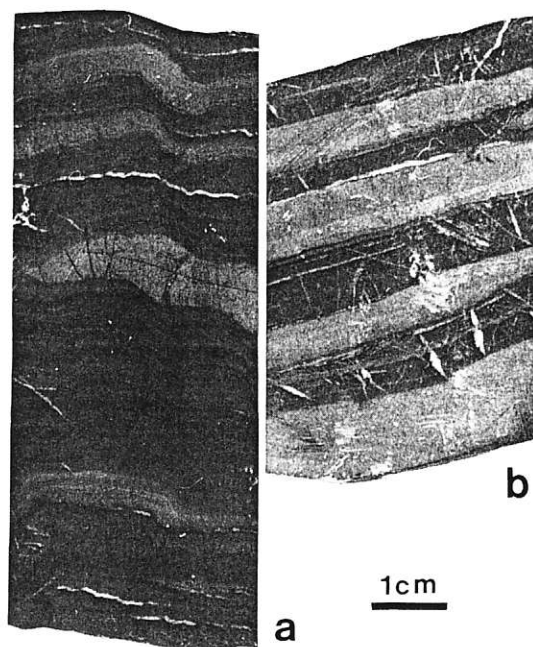


Fig. 10a, b Limestone core samples from the Fatima Formation (drillholes in the Fatima area, West Bangui, Fig. 4A and 4B). a, black microbial dolomite with grey limestone intercalations; b, microbial dolomite layers with shrinkage cracks, interbedded with grey limestone layers

b) Microbial deposits (Ubangui-Lessé confluence)

Micritic bluish limestones with microbial laminations crop out near the village of Bomboko, which is situated in the CAR at the confluence of the Ubangui and Lessé rivers (locality 11, Fig. 4). The laminations are made up of very thin wavy microbial films, darker than the limestone bands and displaying highly irregular pucker, that occasionally develop microdomes or scour surfaces (Fig. 11a). A similar variety of microbial limes-

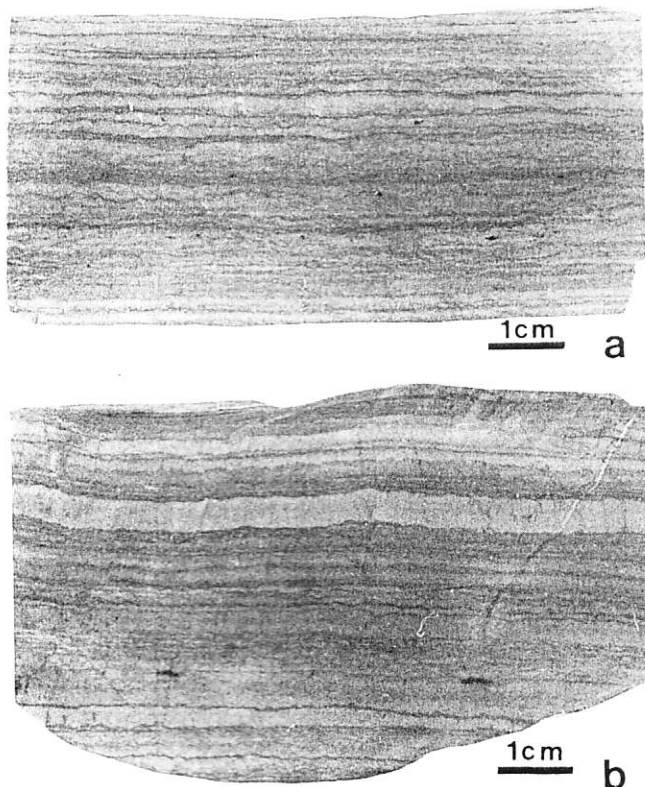


Fig. 11a, b Grey-blue laminated microbial limestones displaying (a) small-scale wavy subhorizontal dark laminations and (b) microbial laminations with lighter coloured calcareous layers (confluence of the Lesse and Ubangui, Fig. 4A and 4B)

tone (Fig. 11b) shows lighter coloured laminae with vertical fractures.

c) Dolomites (former Gallo plantation)

To the north-east of Bangui, at the former Gallo plantation (locality 12, Fig. 4), silicified limestones form 10 cm thick beds, subvertical and striking NNW-SSE, that are preserved in an E-W trending graben (Poidevin 1985). The saccharoidal fracture and the presence of cauliflower-like structures (Fig. 12) are characteristic of a lagoonal-type environment with evaporites (Alvarez 1992, 1993).

d) Silicified limestones (Mondoli)

On the western bank of the Ubangui, in the vicinity of Mondoli village (locality 13, Fig. 4), outcrops extending over distances of 500 m show completely silicified bluish limestone with a brown weathering patina. The individual beds, which are 10 cm thick, are tectonically repeated by numerous isoclinal folds with axes trending N120E. Despite the intense silification, it is still possible to recognize abundant lenticular bodies that correspond to pseudomorphs after gypsum.



Fig. 12 Silicified dolomite (former Gallo plantation, Fig. 4A and 4B) exhibiting cauliflower-like structures interpreted as due to the post-depositional replacement of anhydrite

These beds appear to have originated as gypsiferous dolomites formed in a lagoonal environment.

Conclusions

The glacio-eustatic transgression that took place during end-Proterozoic times (post-Cryogenian) led to the flooding of platform areas and the establishment of carbonate sedimentation in central Africa.

The present study of carbonate-bearing formations laid down during the Neoproterozoic III in the Bangui area enables a reconstruction of the lateral facies distribution which characterizes an extensive ramp developed on the northern edge of the Central African craton. Evidence from geological mapping, combined with the overall southward progradation of the sediment slope and facies, suggests the existence of a gently sloping carbonate ramp. An offshore barrier of oolitic limestones is thought to separate the outer shelf in the south from the lagoonal deposits of the inner shelf in the north (Fig. 4B).

The pattern of sedimentation around the northern edge of the craton appears analogous to that developed in the West Congolian Schisto-calcaire ramp succession. It should be stressed that the sediment ramp in the north is made up of much thicker deposits than the known West Congolian ramp. In fact, the North-Central African ramp succession is expected to cover a much wider area and to display a southwards progradation into the Sangha aulacogen.

In the outer shelf environment of the North-Central African ramp, the subtidal rhythmites of the Bobassa Formation were deposited at the foot of a reflective foreshore profile abutting against the barrier. These beds have preserved a record of tidal lunar cycles indicating a synodic revolution of 30 days, a value that is generally accepted for end-Proterozoic times. The sedimentary ramp displays a gentle slope towards the south, so seismic activity in this area would have triggered gravity-driven mass flows and carbonate turbidites. The seismic activity was possibly linked to strong

subsidence of the shelf in proximity to an active fault trough (i.e. the Sangha aulacogen).

Microbial proliferation suggests that sedimentation of carbonates took place in the euphotic zone at a maximum water depth of about 50 m.

The very large volume of carbonate making up the tidally dominated rhythmic sequence of Bobassa implies the existence of an extensive shelf with high primary productivity of microbial communities (Grotzinger 1986). The extremely intense organic development described in the limestones of the Bangui area is also found in regions further to the east, where stromatolites are observed in the CAR (Kassa-Limassa) on the northern side of the Ubangui, as well as in North Zaire (Thibaut 1983).

Other Neoproterozoic carbonate formations have been described in the south-western part of the CAR. On the basis of the available data, it appears that these formations correspond to proximal carbonate ramp facies; they include lagoonal deposits with stromatolitic domes (Kassa-Limassa), microbial dolomites with evaporites, nearshore dolomites with microbial layers (Bakouma and Bili Formations, Fig. 3) and coastal plain deposits containing black mudstones with quartzofeldspathic layers (Dialinga Formation, Fig. 3). These latter deposits are banked up against a thick continental platform succession. The field relations of these different formations clearly indicate a sedimentary ramp prograding towards the S-SW. Although this succession is situated 600–800 km from Bangui, it is likely that it represents the proximal part of the North-Central African ramp.

The accumulation of the West Congolian Schisto-calcaire ramp (South Congo, Bas-Zaire, Gabon, Angola) is estimated to have occurred between 650 and 600 Ma ago. Along with the North-Central ramp successions of the CAR, North Zaire, North Congo and Cameroon, these deposits appear to be linked to an early phase of the Pan-African orogeny dated in Cameroon at 620 ± 10 Ma (granulite facies metamorphism; Penaye et al. 1993). Thus, the West Congolian and North-Central African ramps may be considered as coeval, being attributed to the early Neoproterozoic III. Both in the north and in the south, these sediment ramps prograded towards the Sangha aulacogen. In the western part of the Central African craton, the Neoproterozoic seas retreated towards this tectonically active graben-like basin to form a residual area of marine sedimentation that persisted into the Palaeozoic (as indicated by the thick succession of ostracod-bearing deposits encountered beneath the Mesozoic cover of the Cuvette congolaise (Giresse 1982).

Finally, since the formations of the north-eastern CAR are situated between those of the Bangui area and those of north-east and south-east Zaire (Ville-neuve 1983), study of these successions should lead to a general model for the accumulation of carbonates during the Neoproterozoic III stage. In fact, these deposits may be interpreted as a series of ramps that prograded

towards the intracratonic grabens situated around the rim of the Central African craton; the Sangha aulacogen is one of the key elements in this system of fault troughs.

By comparison, the Neoproterozoic platform carbonates of the São Francisco craton (Bambu Group in Brazil; Inda and Barbosa 1978) exhibit a very similar facies distribution to the sediment ramps of Central Africa. According to data provided by Babinski et al. (1992), carbonate-bearing sediments belonging to the Bambu Group were laid down between 650 and 600 Ma ago. Thus it appears that the carbonate ramp model proposed for sedimentation at the margins of the Central African craton is also applicable to coeval successions in South America.

Acknowledgements I am greatly indebted to J.-J. Chauvel (Rennes), A. Strasser (Fribourg), R. Guiraud (Avignon) and A. Moussine-Pouchkine (Montpellier) for help, constructive comments and improvement of the English.

References

- Alvarez Ph (1992) Répartition de la sédimentation dans le golfe Protérozoïque supérieur du Schisto-calcaire au Congo et Gabon. Implications en Afrique centrale. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol* 96:281–297
- Alvarez Ph (1993) Un modèle de lagune d'âge protérozoïque supérieur: le Schisto-calcaire du Congo. *J Afr Earth Sci* 17:75–87
- Alvarez Ph (1995) Les facteurs de contrôle de la sédimentation du Supergroupe Ouest-congolien (Sud-Congo). Rampe carbonatée et activité biologique au Protérozoïque supérieur. Implication en Afrique Centrale (Congo, Zaïre, Gabon, Angola, Cameroun, Guinée Equatoriale, Centrafrique). *Mém BRGM* 239:273 pp
- Alvarez Ph, Maurin JC (1991) Evolution sédimentaire et tectonique du bassin protérozoïque supérieur de Comba (Congo): stratigraphie séquentielle du Supergroupe Ouest-Congolien et modèle d'amortissement sur décrochement dans le contexte de la tectogenèse panafricaine. *Precambrian Res* 50:137–171
- Babinski M, Van Schmus WR, Chemale Jr, Kawashita K (1992) Lead isotope geochemistry of Bambu Group carbonate rocks, São Francisco Basin, Brazil. *Am Geophys Union Fall Meeting*, Eos 27:652
- Bessoles B, Trompette R (1980) Géologie de l'Afrique: la chaîne panafricaine "zone mobile d'Afrique centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise". *Mém BRGM* 92:397 pp
- Bigotte G, Bonifas G (1968) Faits nouveaux sur la géologie de la région de Bakouma (Préfecture du M'Bomou – République Centrafricaine). *Chron Mines Rech Min* 370:43–46
- Boudzoumou F (1986) La chaîne panafricaine ouest-congolaise et son avant pays au Congo: relation avec le Mayombien; sédimentologie des séquences d'âge Protérozoïque supérieur. Thèse 3^{ème} cycle, Univ Aix-Marseille, 220 pp
- Boudzoumou F, Trompette R (1988) La chaîne panafricaine ouest-congolienne au Congo (Afrique Equatoriale): un socle polycyclique charrié sur un domaine subautochtone formé par l'aulacogène du Mayombe et le bassin de l'Ouest-Congo. *Bull Soc Géol Fr* 6:889–896
- Boulvert Y, Salomon JN (1988) Sur l'existence de paléo-cryptokarsts dans le bassin de l'Oubangui (République Centrafricaine). *Karstologia* 11–12:37–48

- Buffard R (1988) Un rift intracratonique du Précambrien supérieur: le Shaba méridionale (Zaïre). Evolution sédimentaire et tectonique du Supergroupe de Roan au Groupe du Kundelungu inférieur (Supergroupe du Kundelungu). Thèse Doct Etat, Univ du Maine, 316 pp
- Cahen L (1950) Le Calcaire de Sékélolo, le Complexe tillitique et la Dolomie rose C₁ dans l'Anticlinale de Congo dia Kati (Bas-Congo). Ann Mus Congo Belge, Tervuren, Belgique, Sér 8°, Sci Géol 7:1-55
- Cahen L (1978) La stratigraphie et la tectonique du Supergroupe Ouest-Congolien dans les zones médianes et externes de l'orogénèse ouest-congolienne (Pan-African) au Bas-Zaïre et dans les régions voisines. Ann. Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér 8°, Sci Géol 83:150 pp
- Cahen L (1982) Geochronological correlation of the late Precambrian sequences on and around the stable zones of Equatorial Africa. Precambrian Res 18:73-86
- Chorowicz J, Le Fournier J, Mvumbi MM (1990) La cuvette congolaise du Zaïre un bassin initié au Protérozoïque supérieur. Contribution à l'analyse du réseau hydrographique. C R Acad Sci Paris 311:349-356
- Cornacchia M, Giorgi L (1986) Les séries précambriennes d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaire de la République Centrafricaine. Ann Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér 8°, Sci Géol 93:51 pp
- Dadet P (1969) Notice explicative de la carte géologique de la République du Congo-Brazzaville au 1/500 000. Mém BRGM 70:103 pp
- Daly MC, Laurence SR, Diemu-Tshiband K, Matouana B (1992) Tectonic evolution of the Cuvette Centrale, Zaïre. J Geol Soc London 149:539-546
- Deffontaines B, Chorowicz J (1991) Principles of drainage basin analysis from multisource data: application to the structural analysis of the Zaïre Basin. Tectonophysics 194:237-263
- Denaeyer ME (1928) Esquisse géologique de l'Afrique Equatoriale Française, du Cameroun et des régions limitrophes. C R Acad Sci Paris 187:658-660
- Dianzanza N'Défi H (1983) Les sédiments du Protérozoïque supérieur et leurs transformations au Nord-Ouest de la cuvette congolaise (Afrique centrale), apport des datations par les méthodes Rb-Sr et K-Ar. Thèse 3^{ème} cycle, Univ Strasbourg, 146 pp
- Eberli GP (1987) Carbonate turbidite sequences deposited in rift-basins of the Jurassic Tethys Ocean (eastern Alps, Switzerland). Sedimentology 34:363-388
- Evrard P (1960) Résultats scientifiques des Missions du syndicat pour l'étude géologique et minière de la Cuvette congolaise et travaux connexes. Géodésie et Géophysique-Sismique. Ann Mus Roy Congo Belge, Tervuren, Belgique, Sér 8°, Sci Géol 33:88 pp
- Gioan P, Vicat JP, Maurin JC (1989) Evolution géodynamique du bassin sud-congolais (Niari) au cours du Protérozoïque supérieur. C R Acad Sci Paris 308:1273-1278
- Giresse P (1982) La succession des sédimentations dans les bassins marins et continentaux du Congo depuis le début du Mésozoïque. Sci Géol Bull Strasbourg 35:183-206
- Godivier R, Legeley A, Albouy Y (1986) Levés gravimétriques de reconnaissance, Congo-Gabon. Rapp ORSTOM: 1-11
- Grotzinger JP (1986) Evolution of early Proterozoic passive-margin carbonate platform, Rocknest Formation, Wopway orogen, Northwest Territories, Canada. J Sedim Petrol 56:831-847
- Homewood P, Allen P, (1981). Wave-, tide-, and current controlled sandbodies of Miocene Molasse, Western Switzerland. Bull Am Assoc Petrol Geol 65:2534-2545
- Inda HAV, Barbosa JF (1978) Texto explicativo para o mapa geológico do Estado da Bahia, escala 1/1 000 000. Gov Bahia, Sec Min Energ, CPM: 71-87
- Lasserre M, Soba D (1979) Migmatization d'âge panafricain au sein des formations camerounaises appartenant à la zone mobile d'Afrique Centrale. C R Somm Soc Géol Fr 2:64-68
- Nzenti JP, Barbey P, Maucadière J, Soba D (1988) Origin and evolution of the late Precambrian high-grade Yaoundé gneisses (Cameroon). Precambrian Res 38:91-109
- Odin GS, Odin Ch (1990) Echelle numérique des temps géologiques. Géochronique 35:12-25
- Penaye J, Toteu SF, Van Schmus WR, Nzenti JP (1993) U-Pb and Sm-Nd preliminary geochronologic data on the Yaoundé series, Cameroon: re-interpretation of the granulitic rocks as the suture of a collision in the "Centrafrican" belt. C R Acad Sci Paris 317:789-794
- Poidevin JL (1985) Le Protérozoïque supérieur de la République Centrafricaine. Ann Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Sér.8°, Sci Géol 91:75 pp
- Rolin P (1995) La zone de décrochements panafricains des Oubanguides en République centrafricaine. C R Acad Sci Paris 320:63-69
- Seilacher A (1969) Fault-graded beds interpreted as seismites. Sedimentology 13:155-159
- Schroeder JW (1981) Oil search in the heart of Africa: a working hypothesis. Bull Ver Schweiz Petrol Geol Ing 47:31-37
- Tessier B (1990a) Enregistrement des cycles tidaux en accretion verticale dans un milieu actuel (la baie du Mont-Saint-Michel), et dans une formation ancienne (la molasse du bassin de Digne). Mesure du temps et application à la reconstitution des paléoenvironnements. Thèse, Univ Caen, 122 pp
- Tessier B (1990b) Critères de reconnaissance des cycles tidaux en forage (carottes et pendagemétrie simulée). Bull Centres Rech Explor Prod Elf-Aquitaine 14:511-520
- Tessier B, Monfort Y, Gigot P, Larssonneur CI (1989) Enregistrement des cycles tidaux en accretion verticale, adaptation d'un outil de traitement mathématique. Exemples en baie du Mont-Saint-Michel et dans la molasse marine miocène du bassin de Digne. Bull Soc Géol. Fr 5:1029-1041
- Thibaut PM (1983) Synthèse des travaux de la convention Zaïre-BRGM 1969-1980. Géologie et minéralisations de la région de l'Equateur. Dép Mines Rép Zaïre 1:22-68
- Toteu SF, Bertrand JM, Penaye J, Maucadière J, Angoua J, Barbey P (1989) A tectonic keystone in Pan-African network. In: Lewry JF, Strauffer MR (éds) The Early Proterozoic Trans-Hudson Orogen of North America. Spec Pap Geol Assoc Can 37:483-496
- Verbeek T (1970) Géologie et lithologie du Lindien (Précambrien supérieur du Nord de la République démocratique du Congo). Mus Roy Afr Centrale, Tervuren, Belgique, Ann Sér 8°, Sci Géol 66:311 pp
- Vicat JP, Gioan P, Albouy Y, Cornacchia M, Giorgi L, Blondin P (1989) Mise en évidence sur la bordure ouest du craton du Congo, de fossés d'effondrement d'âge protérozoïque supérieur, masqués par des formations phanérozoïques de la cuvette du Zaïre. C R Acad Sci Paris 309:1207-1223
- Villeneuve M (1983) Les sillons tectoniques du Précambrien supérieur dans l'Est du Zaïre. Comparaisons avec les directions du rift est africain. Bull Cent Rech Explor Prod Elf-Aquitaine 7:163-174
- Vincent P, Wolff JP (1954) Sur l'existence d'un complexe tillitique en Oubangui-Chari. C R Somm Soc Géol Fr 14:352-354
- Williams GE (1989) Late Precambrian tidal rhythmites in South Australia and the history of the Earth's rotation. J Geol Soc London 146:97-111
- Wright LD, Chappel J, Thom BG, Bradshaw MP, Cowell P (1979) Morphodynamics of reflective and dissipative beach and inshore systems. Southeastern Australia. Mar Geol 32:105-140



SOCIETE CIVILE

géoarmor

INGENIEURS CONSULTANTS

2831

9, Allée des Asturies
35100 RENNES
tél. (99) 50-28-84

N/REF : RCA 8309003

Intitulé: Identification de gisements
calcaires pour cimenterie

N° Comptable: 5604.11.17.012

- REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE -

IDENTIFICATION DE GISEMENTS
CALCAIRES POUR CIMENTERIE

RAPPORT DE FIN D'ETUDE
DE RECONNAISSANCE

Mission conduite par Gabriel PLIHON, avec
la collaboration de Jean-Marie DESCHAMPS,
Patrice LANDRY et Brigitte MOREAU.

RENNES - Septembre 1983 - G.P

* Le groupe supérieur ou série de BANGUI-MBAIKI :

Série variée où alternent les faciès "schisteux" et quartzitiques. Les faciès carbonatés connus seraient stratigraphiquement situés à la partie sommitale de cette série.

Ces faciès carbonatés sont connus en amont de Possel, dans le cours inférieur de l'Ombella, dans le bassin de la Lessé, dans la région de Badangao entre Possel et l'Ombella, au Nord de Bangui (Fatima ?), au PK 105 de la route Bangui-Bogangolo, près de Bimo dans la rivière Kapou, au Sud de Mbaiki dans le bassin de la Lobaye et au Nord de Mbali dans la région de Konzindoro.

La présence de chert (roche siliceuse associée au calcaire) est notée, dans la région de Badangao entre Bobassa et Zinga.

L'ensemble de ces formations a subi l'influence d'un métamorphisme régional et a été tectonisé (plissements et fractures).

Les références bibliographiques aux roches carbonatées sont trop vagues et imprécises sur l'extension possible de ces horizons pour constituer un guide réellement utilisable dans la recherche de gisements.

En conclusion, on peut retenir les faits suivants :

- Des calcaires de qualité satisfaisante sont connus avec certitude en trois sites :

- + Bobassa, le long de l'Ombella
- + Fatima au Nord de Bangui,
- + Au nouveau pont de la RN 1 sur la Mbali.

L'intégration de ces trois sites dans un contexte structural précis ne peut, à la lumière des informations qui nous sont connues, être tentée avec sérieux.

- Des sols calciques reconnus à la suite de travaux de l'ORSTOM recouvrent de vastes zones et pourraient être l'indice de la présence de roches carbonatées (cf. planche II).

- Le développement de sols ferrallitiques évoluant vers le cuirassement (latéritisation) est très important du fait des conditions climatiques et contribue de ce fait à masquer la roche-mère à l'affleurement.

IV. DONNEES ACQUISES

Les résultats sont présentés par zones (définies ci-dessus).

L'annexe II présente les observations sur photographies aériennes et les itinéraires.

1) Secteur Sud Ouest de BANGUI (R.N 6), frange Sud de l'axe WORO-WORO-PISA (cf. carte I) :

Aucun indice autre que morphologique ne vient confirmer la présence de roches carbonatées dans ce secteur. Pourtant de nombreuses zones déprimées apparaissent dans le bassin versant de la Lésé. Nous ne retiendrons que quelques clichés où les altitudes notées sont supérieures de 30 à 40 m par rapport au cours, tant de la Lésé que de la Lobaye : ce sont surtout les photographies 652 et 654.

Le couvert végétal y est dense limitant la pénétration. Quelques forages pourraient néanmoins être tentés le long des pistes en rayonnant à partir de BOBENGA-BOUCHIA.

2) Secteur Sud Ouest de BANGUI : la frange Nord de l'axe WORO-WORO-PISA (RN 6) limitée au Nord par la rivière PAMA (cf. carte II) :

Seuls des indices morphologiques conduisent à retenir quelques zones susceptibles de renfermer des roches carbonatées :

- les aires à grandes dépressions situées en limite de bassin versant, telles celles des clichés 80, 209, 210.
- les aires assez restreintes à petites dépressions mais d'accès difficile : clichés 76, 9 et 11.

En fonction des accès quelques sondages pourraient être implantés le long de la R.N 6 ou des pistes existantes.

3) Secteur Nord Ouest de BANGUI - RN 1 : BANGUI - BOSSEMBELE (cf. carte III)

Cette zone présente la plus grande densité de dépressions qui apparaissent de tailles très variées.

La superficie concernée est très vaste. Aux indices morphologiques nombreux, il faut ajouter la présence reconnue de calcaire au pont de la R.N 6 franchissant la Mbali et deux indices relevés, l'un le long de la rivière Mbali (bloc de calcaire d'âge incertain), l'autre dans le cours de la rivière Mandjo (silex).

Par ailleurs la densité de dolines et dépressions est nettement supérieure à la moyenne, notamment le long de la piste BOGONDO-BOBIA-BOGOIN.

Les reconnaissances par sondages doivent donc permettre de cerner l'extension des calcaires et leur répartition, sachant toutefois que les autres affleurements en place observés sont de quartzite et de schiste, soit dans le cours de la Mbali, soit en sommet de colline. Il convient donc de réaliser des profils de sondages dans les secteurs de doline, en tenant compte des accès, pour envisager ensuite de resserrer la maille des sondages autour des points s'avérant intéressants.

4) Secteur Nord de BANGUI RN 4 (DAMARA-BOGANGOLO) et RN 2 (BANGUI-SIBUT) : (cf. carte IV)

Aux indices morphologiques s'ajoutent les observations d'affleurements de roches carbonatées (Sud de DONGBE et rivière Baba) qui ont été analysées. Ces roches sont constituées de dolomie et ne conviennent pas à la fabrication de ciment.

Par ailleurs, des observations ont montré que certains effondrements se sont produits dans des quartzites ou des schistes visibles en surface. Ce point permet d'aborder l'analyse de la position stratigraphique des calcaires en regard des autres formations. Cet aspect sera discuté dans le chapitre suivant.

Dans le cadre d'une recherche complémentaire par sondage sur ce secteur, il conviendra de dégager, d'une part l'extension des formations carbonatées et d'autre part de contrôler leur chimisme afin de préciser si la dolomisation est totale ou partielle dans la formation.

Les observations faites sur cette région sont intéressantes car, d'une part c'est la seule où des affleurements de roches carbonatées aient été vus en masse, et d'autre part le contexte géologique bordant quelques dépressions a pu y être précisé, et on note que certaines s'inscrivent dans les schistes, schistes satinés ou mica-schistes. Leur présence dans un tel contexte mérite donc quelques précisions.

La présence de roches carbonatées étant certaine, bien que dolomitisées sur les affleurements observés, leur dissolution contribue à créer des vides qui donnent naissance ensuite à des effondrements des terrains superficiels, que ceux-ci soient schisteux ou calcaires, voire gréseux. Ainsi une telle observation conduit-elle à poser deux questions :

- Quelle est la profondeur des calcaires lorsqu'il y a dolines, celles-ci pouvant se marquer dans des formations autres en surface ?
- Quelles relations structurales existent entre les calcaires et les terrains sus-jacents, le schéma structural issu de l'étude bibliographique et proposé au chapitre II ci-dessus présentant des calcaires au dessus des schistes et quartzites.

Les réponses à ces questions seront abordées dans les chapitres suivants.

V. ASPECTS STRUCTURAUX ET DISCUSSION

Il n'a pas été fait mention ci-dessus des données structurales, qu'elles soient issues de la littérature géologique ou de nos observations. Il apparaît qu'il y a contradiction : nous avons en effet pu observer des effondrements dans des quartzites et des schistes au moins sur quatre sites (cf. carte IV et commentaires), laissant supposer que les calcaires sont sous-jacents et non en sommet de série.

Nous nous limiterons donc à présenter les quelques éléments structuraux que nous avons relevés puis discuterons les deux hypothèses.

1) Les observations :

L'apport structural est issu autant de l'observation des photographies aériennes que de celle de terrain.

Les directions structurales majeures qui ont été relevées sur les photographies sont figurées sur les documents joints en annexe. La direction lithologique la plus fréquente est N-S avec des variations de 20° à 30° tant vers l'Est que vers l'Ouest. Ceci s'accorde avec la majorité des mesures effectuées sur les affleurements de quartzites ou de schistes. Par contre il n'est pas possible d'apporter de précisions sur les pendages, ceux relevés étant extrêmement variés (sub horizontaux à verticaux). Dans les secteurs à fort relief sur les photographies, il apparaîtrait plutôt que les pendages soient élevés. Dans les aires de morphologie plus douce, aucune précision n'est apportée par la photographie.

Ces directions lithologiques sont susceptibles de variations, soit à la faveur de plissements, soit à la suite de mouvements tectoniques.

D'autre part certaines des directions relevées correspondent à des fractures. Ceci est particulièrement net sur les photographies de la carte IV où, en outre, les dolines et dépressions apparaissent guidées par des fractures, ce qui ne semble pas être le cas dans les autres secteurs étudiés.

Il n'est pas possible actuellement, compte-tenu de la rareté des affleurements, de définir un schéma structural à l'échelle d'un gisement potentiel.

2) Les schémas structuraux :

Au cours de notre séjour en REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE nous avons rencontré deux géologues de l'Université de BANGUI :

- Monsieur Loïc GIORGI, Maître Assistant, Institut Polytechnique, Mines et Géologie.
- Monsieur Maurice CORNACCHIA, Maître Assistant, Faculté des Sciences, département Géologie.

Leurs travaux actuels, inédits, qu'ils nous ont autorisé à mentionner ici, concernent la géologie centrafricaine autour de Bangui, dans un rayon d'environ 80 km.

Leurs travaux se sont essentiellement orientés vers la recherche de niveaux repères dans les formations les plus facilement observables, à savoir les quartzites. Ces niveaux ayant été définis, ils ont été recherchés systématiquement et permettent d'orienter la réflexion vers un schéma structural à l'échelle du 1/200 000. C'est ainsi qu'il apparaît probable que la succession la plus logique des formations soit la suivante :

- Quartzites supérieurs au sommet de la série
- Schistes, micaschistes
- Quartzites inférieurs
- Schistes satinés, micaschistes, faciès gneissiques
- Bien que jamais rencontrées en affleurement et au contact direct, les séries carbonatées seraient à la base de cette série, voire plus anciennes.

L'ensemble serait affecté de plissements à grande échelle (probablement deux phases de plissement) et recoupé de nombreuses failles dont certaines très importantes. Le sens de la série est confirmé par l'examen de grano-classement et stratifications entrecroisées.

Reprenant ce schéma structural qui va à l'encontre des idées antérieures et le comparant avec nos observations, il devient plus aisé de comprendre le contexte schisteux ou gréseux de certaines dolines. En outre la présence de dolines dans les aires topographiquement assez basses et jamais sur les plateaux contribue également à faire suspecter le calcaire sous les formations rencontrées sur les crêtes (quartzites et schistes).

Ainsi, bien qu'en l'absence de preuves formelles sur la situation stratigraphique des calcaires, le schéma structural proposé par Messieurs GIORGI et CORNACCHIA est séduisant et s'accorde mieux avec nos observations personnelles que le schéma proposé antérieurement.

3) Incidence sur les réserves potentielles :

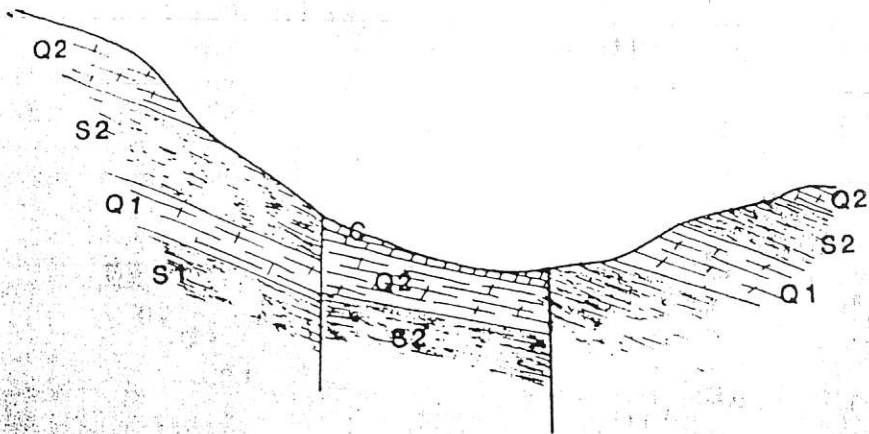
Si nous retenons l'hypothèse des calcaires sous-jacents à la série schisto-gréseuse, il est tout à fait loisible d'envisager de grandes extensions possibles aux termes carbonatés dont les indices les plus marqués en surface sont de type morphologique, et ce uniquement dans les régions les plus érodées. Ce sont les secteurs où les quartzites et schistes ont été le plus découpés par l'érosion, et là où les plissements ont contribué à localiser les calcaires aux cotes les plus élevées.

De ce fait les indices calcaires seront d'autant plus nombreux et denses qu'on se trouvera dans des secteurs topographiquement bas : or, reprenant la carte des dolines et de leur concentration, il faut bien remarquer qu'elles sont essentiellement situées à des cotes généralement basses (altitude voisine de 400 mètres des cartes au 1/200 000).

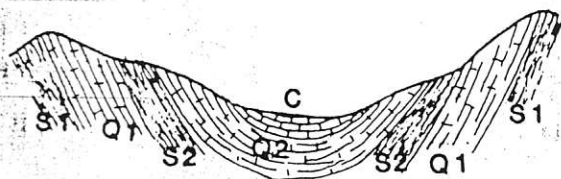
Dans ce cas, il apparaît que les séries carbonatées, là où elles sont soulignées par des dolines, sont probablement pour partie sous le niveau des cours d'eau. Il convient donc de rechercher des secteurs où les écoulements sont moindres et de comprendre à l'échelle du kilomètre les structures, de façon à rechercher des zones hors d'eau et ce à partir des aires marquées par les dolines qui restent les meilleurs points de repères.

Ces éléments ne jettent guère de possibilités sur la phase ultérieure de recherche, compte-tenu de l'ensemble des indices reconnus (morphologie, affleurements, sondages, indices indirects) : il convient de préciser si ces indices sont à associer à des calcaires exploitables, que seuls des sondages pourront mettre en évidence.

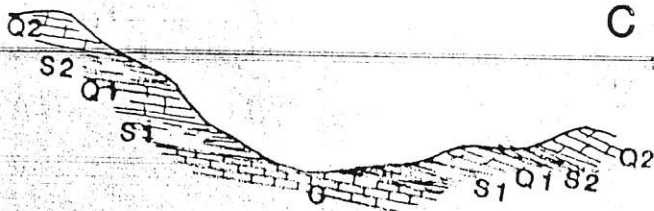
Il n'est pas possible non plus de préciser si les calcaires présumés sont de simples lentilles assez dispersées ou des horizons conséquents largement répandus. Les schémas suivants présentent quelques unes des hypothèses relatives à la position et à l'extension des calcaires.



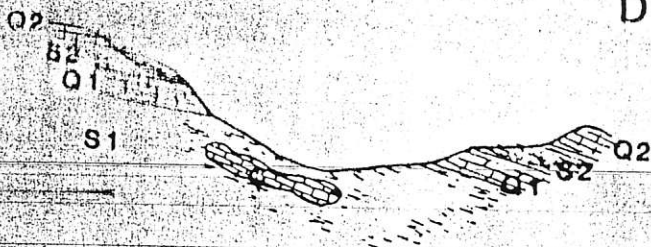
B



C



D



E

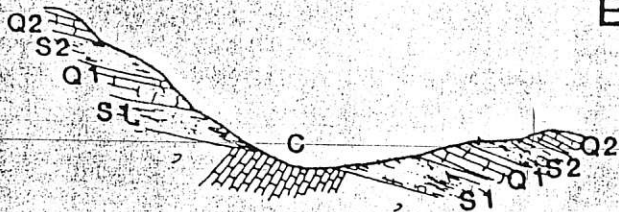


PLANCHE IV :

Quelques hypothèses sur la position des calcaires dans le contexte suivant : deux formations de schistes (S1 et S2) alternent avec deux horizons de quartzites (Q1 et Q2).

Figures A et B :

Les calcaires sont en sommet de série stratigraphique (au dessus de Q2)

- Figure A : les calcaires sont conservés à la faveur de failles ayant abaissé le panneau central.

- Figure B : les calcaires sont conservés au coeur d'un synclinal.

Dans ces deux cas la présence d'effondrements dans les schistes et/ou quartzites ne peut être liée à la dissolution de ces calcaires.

Figures C, D et E :

Les calcaires sont à la partie inférieure de la série (dans ou sous S1)

- Figure C : le calcaire constitue un horizon massif bien développé soit intercalé dans S1 soit sous S1.

- Figure D : la faille ne présente qu'un flanc et l'autre est indifférencié dans S1.

- Figure E : le calcaire n'appartient pas à la série S1-Q2 mais est en dessous et structuralement en discordance.

Dans ces trois cas, il faut le rechercher dans les positions topographiquement les plus élevées à partir d'une investigation dans les secteurs topographiquement bas. Ces schémas montrent la possibilité d'observer des effondrements liés à la dissolution des roches carbonatées et visibles en surface dans les schistes et quartzites. Ils pourraient de plus être associés à des plissements.

VII. CONCLUSIONS

La recherche de gisements calcaires en République Centrafricaine s'avère difficile en raison des conditions d'observation du substratum rocheux :

- Fort développement des faciès d'altération (sols ferrallitiques et latérites sur des épaisseurs de plusieurs mètres)
- Pénétration sur les sites souvent longue et parfois impossible dans les aires de forêts, d'où observations parfois limitées aux pistes et, dans certains cas, aux rivières.

Les indices de terrains obtenus, les données des photographies aériennes, les éléments bibliographiques orientent tous les recherches dans une même direction mais ne permettent pas de cerner le potentiel quantitatif et qualitatif de la région de BANGUI en carbonate de calcium.

L'inconnue essentielle réside dans la méconnaissance du contexte structural et stratigraphique des faciès carbonatés soupçonnés, et de la puissance des faciès d'altération.

Nous ne pouvons actuellement que préconiser la mise en oeuvre d'une campagne de foration par la méthode destructive dont l'objectif est de cerner le contexte structural des calcaires et leur qualité.

Les secteurs géographiques proposés à l'investigation par sondage sont les suivants :

- Secteur Nord de BANGUI s'étendant de part et d'autre de la RN 1 et de la Mball (vues aériennes 44, 42, 57, 55, 54, 190, 188 et 190).

Cette région apparaît la plus intéressante.

- Secteur Ouest de BANGUI limité à quelques aires ponctuelles retenues également en raison des accès possibles (région de KAPOU, SIKIA-SEBOKELE, BOBENGA BOUCHIA).
- Secteur Nord de BANGUI : site de DONGBE, rivière Baba.

Une campagne de forage de 6 à 7 mois doit permettre l'exécution de 120 sondages de 30 à 40 mètres répartis sur les sites ci-dessus délimités. Elle devrait conduire à retenir un ou plusieurs sites susceptibles d'être étudiés tant sur le plan qualitatif (carottage) que hydrogéologique.

Bien qu'un programme général ait été proposé, il faut concevoir une phase de sondages très évolutive, sa progression étant directement liée aux résultats acquis.

Rennes le 30 Septembre 1983



G. PLIHON

- TRUEB, L.F., DE WYS, E.C.
 - CARBON FROM UBANGI-A MICROSTRUCTURAL STUDY.
 - AM. MINERALOGIST,
 1971(8), VOL. 56, NUM. 0007-0008, P. 1252 A 1268
 EN ANG ; 17 P., 14 ILL.
 BIB. BR, CN, MU

THEME : MINERALOGIE

DIAMANT (CARBONADO) CARACTERE-CRISTALLOGRAPHIQUE,
 MICROSCOPIE-ELECTRONIQUE, REPUBLIQUE-CENTRAFRICAINE (O
 UBANGUI)
 MINERAUX (OUBANGU)

- MOSSER, C., WEBER, F., GAC, J.Y., CNRS, CENT. SE
 OL. GEOL. SURF., STRASBOURG, FR.)
 - ELEMENTS TRACES DANS DES KAOLINITES D'ALTER
 FORMEES SUR GRANITE ET SCHISTE AMPHIBOLITEUX EN
 BLIQUE CENTRAFRICAINE.
 - CHEM. GEOL., NETHERL.,
 1974, VOL. 14, NUM. 0001-0002, P. 95 A 115
 EN FRA ; RES. EN ANG ; 21 P., 60 AN.
 BIB. CN, C. 12905

THEME : GEOCHIMIE

ANALYSE, KAOLINITE, ALTERATION, GRANITE, MICAS
 , REPUBLIQUE-CENTRAFRICAINE

ON DETERMINE LES TENEURS EN SR, BA, V, NI,
 R, B, ZN, GA, CU, PB, SH, LI ET RB DES FRACTION
 U M ; ETUDE DES CORRELATIONS ENTRE LES TENEURS EN
 MENTS EN TRACES ET LES MINERAUX CONSTITUTIFS DE

Profil

N° de Référence

- STRAKIAN, E.
 - LE DESTIN IMPERIAL DE DEUX DIAMANTS BRUTS EXCEPTI
 ONNELS.
 - REV. GEMMOL. A. F. R. F. P.
 1978, VOL. 10, NUM. 3, P. 1 A 14
 EN FRA ; 2 P., 5 ILL.
 BIB. BR

THEME : MINERALOGIE

DIAMANT, HISTORIQUE, MINERE-IMPERIALE EXCEPTI
 ONNELLE REPUBLIQUE-CENTRAFRICAINE
 MINERAUX

Profil

N° de Référence

FILS D'ALTERATION

REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE LE 10/3/83

PAGE 00002

- POIDEVIN, J.L., DOSTAL, J., DUPLY, C., UNIV. REPUBLIC
 CENTRAFRICAINE, DEP. GEOL./BANGUI/CAF)
 - ARCHAEOAN GREENSTONE BELT FROM THE CENTRAL AFRICAI
 N REPUBLIC (EQUATORIAL AFRICA) (ZONE DE ROCHES VERTES
 ARCHEENNE EN REPUBLIQUE CENTRAFRICAINE, AFRIQUE EQU
 ATORIALE
 - PRECAMBRIAN RES., NLD., ESQUISSE GEOL.
 1981, VOL. 16, NUM. 3, P. 157 A 170
 EN ANG ; 14 P., 3 P. REF.
 BIB. CN, C. 16465

THEME : GEOCHIMIE

ARCHEEN, ROCHE-METAVOLCANIQUE, ANALYSE-MAJEURS, ANA
 LYSE-MINEURS, TERRE-RARE, CRISTALLISATION-FRACTIONNEE,
 FUSION-PARTIELLE, CENTRAFRIQUE
 COMPLEMENT (CEINTURE-ROCHE-VERTE)

- LAVREAU, J., LEDENT, D.
 - ETAT ACTUEL DE L'ETUDE GEOCHRONOLOGIQUE DU COP
 XE AMPHIBOLITIQUE ET GNEISSIQUE DU BCMU (ZAIRE ET
 PUBLIQUE CENTRAFRICAINE).
 - ABSTR. GEOCHRONOL. ISOTOPE GEOL., BELG.,
 1976, NUM. 0020, P. 1
 EN FRA ; 1 P.
 BIB. SG

THEME : GEOCHIMIE ISOTOPIQUE

DATATION-RB-SR, ISOCHRONE, GNEISS, ANTECAMBRIEN, C
 NITOIDE, PROTEROZOIQUE-INF, GRANITE, PROTEROZOIQUE-MC
 N, ZAIRE, REPUBLIQUE-CENTRAFRICAINE

Profil

N° de Référence

Profil

N° de Référence

- MOSSER, C., INST. GEOL./STRASBOURG 67084/FRA)
 - ETUDE GEOCHIMIQUE DE QUELQUES ELEMENTS TRACES DAN
 S LES ARGILES DES ALTERATIONS ET DES SEDIMENTS
 - SCI. GEOL., MEM., FRA., BRGF-F172, TABL./ANAL./COLON
 NE STRATIGR./ESQUISSE/ILL., THTH./STRASBOURG/1980
 1980, NUM. 63
 EN FRA ; 229 P., 66 ILL., 267 AN., 15 P. REF.

THEME : GEOCHIMIE

THESE, ANALYSE-MINEURS, ARGILE, ALTERATION, ROCHE-SI
 MICAIEE, ZONE-TROPICALE, ROCHE-SEDIMENTAIRE, EOCENE-SUP
 ZOLITOCENE-INF, KAOLIN, SMECTITE, ROCHE-PHOSPHATEE, CENT
 RAFRIQUE, HAUTE-VOLTA, MADAGASCAR, REUNION, SENEGAL, MASS
 IF-ARMORICAIN, CHARENTE-MARITIME, BASSIN-PARISIEN, DOHA
 NE-ATLANTIQUE-MAROC
 COMPLEMENT (ZONE-EQUATORIALE, ILE-WIGHT, TAI BA, SIDI
 DAOUT)

- LAVREAU, J., LEDENT, D., MUS. R. AFRIQUE CENTRALE,
 -1980 Tervuren)
 - ETAT ACTUEL DE L'ETUDE GEOCHRONOLOGIQUE DU COPPI
 XE AMPHIBOLITIQUE ET GNEISSIQUE DU BCMU (ZAIRE ET P
 PUBLIQUE CENTRAFRICAINE).
 - MUS. R. AFR. CENTR., RAPP. ANNU., BELG.,
 1976, VOL. 1975, P. 123 A 141
 EN FRA ; 19 P., 12 ILL., 1 P. REF.
 BIB. BR

THEME : GEOCHIMIE ISOTOPIQUE

DATATION-RB-SR, GRANITE, GNEISS, PROTEROZOIQUE, MET
 MORPHISME-REGIONAL, HAUT-ZAIRE (BOMU-REGION) REPUBLIC
 E-CENTRAFRICAINE (BOMU-REGION)