

DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE DE LA CHARGE DE FOND SABLEUSE DU COURS MOYEN ET INFÉRIEUR DE LA SANGHA (RÉPUBLIQUE DU CONGO)

C. CENSIER

RESUME

Une analyse granulométrique et minéralogique effectuée sur des échantillons de sable prélevés sur tout le cours moyen et inférieur de la Sangha, affluent de rive droite du Congo, permet de mieux cerner la dynamique actuelle de la charge de fond de la Sangha. Les sables qui parviennent au fleuve Congo proviennent, pour leur majorité, de l'érosion des formations plio-quaternaires de la cuvette congolaise ; l'érosion se manifeste à des degrés divers le long de quatre secteurs du cours moyen et inférieur de la Sangha. Les sables issus du démantèlement des formations géologiques du bassin supérieur de la Sangha ne représentent qu'une faible part des apports au fleuve Congo.

INTRODUCTION

La Sangha, qui résulte de la confluence de la Mambéré et de la Kadei, parcourt 781 km, dont 194 en République Centrafricaine et 587 en République du Congo (avec 92 km de frontière commune avec la République du Cameroun), avant de se jeter dans le fleuve Congo. Si on admet que la Kadei en représente la branche supérieure (BOULVERT, 1987), la Sangha a alors une longueur totale de 1 333 km et constitue, après l'Oubangui, le deuxième principal affluent de rive droite du fleuve Congo (fig. 1).

Depuis Nola, toute la Sangha s'écoule au milieu de la forêt dense humide de type équatorial qui, en raison de son effet d'éponge, est en grande partie responsable de la régularité des écoulements ; à Ouesso, l'étiage moyen mensuel est de $916 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ et la crue de $3\,340 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ (BOULVERT, 1987).

Avec une pente moyenne de $0,11 \text{ m km}^{-1}$ (entre Nola et la confluence avec le fleuve Congo, la dénivelée est de 84 mètres pour une distance de 781 km), la Sangha est un fleuve dont la charge de fond est à dominante sableuse.

L'objet de cette note est, à partir d'une analyse sédimentologique d'échantillons de sables alluviaux, d'appréhender la dynamique sédimentaire de la charge de fond de la Sangha sur tout son cours moyen et inférieur.

I. CADRE GÉOLOGIQUE DU BASSIN VERSANT DE LA SANGHA

La succession des formations géologiques appartenant au bassin versant de la Sangha (au sens large) sera décrite de l'amont vers l'aval du bassin (fig. 1).

La Kadei et la Mambéré prennent leur source dans les massifs du complexe granito-gneissique précambrien. Un âge archéen avait été attribué à ce complexe (MESTRAUD, 1982) ; cependant, la datation de différents granites appartenant à ce complexe (LASSERRE et al., 1979 et 1981) démontre que cette zone correspond au coeur de la chaîne panafricaine d'âge compris entre 500 et 600 millions d'années.

Le bassin moyen de la Mambéré est situé sur la formation de Carnot, unité grésoconglomératique crétacée, pouvant atteindre près de 400 mètres de puissance (CENSIER, 1991).

Tout le bassin inférieur de la Kadei et de la Mambéré, et le bassin supérieur de la Sangha jusqu'à 50 km en amont de Ouesso, est situé sur le complexe schisto-quartzitique précambrien. De l'amont vers l'aval, différentes séries ont été différenciées : en RCA, la série de la Bolé et la série de Nola (WOLFF, 1962) ; au Cameroun, la série du Dja et la série de Yokadouma (GAZEL et GUIRAUDIE, 1956) ; Au Congo, la série de Sembé-Ouesso (SONET, 1958) que GRÈS et LEGRAS (1970) scindent en deux unités.

BESSELES et TROMPETTE (1980) mettent en corrélation, d'une part, les séries de Nola, du Dja et l'unité supérieure de la série de Sembé-Ouesso, et, d'autre part, la série de la Bolé, de Yokadouma et l'unité inférieure de la série de Sembé-Ouesso ; ils considèrent que le premier ensemble est d'âge protérozoïque supérieur et discordant sur le second auquel ils attribuent un âge protérozoïque moyen. Cependant, de nouvelles données radiochronologiques (POIDEVIN et

PIN, 1986 ; CENSIER, 1991) montrent que toutes ces séries sont anté-éburnéennes et que des intrusions doléritiques et granitiques qui les recoupent sont kibariennes.

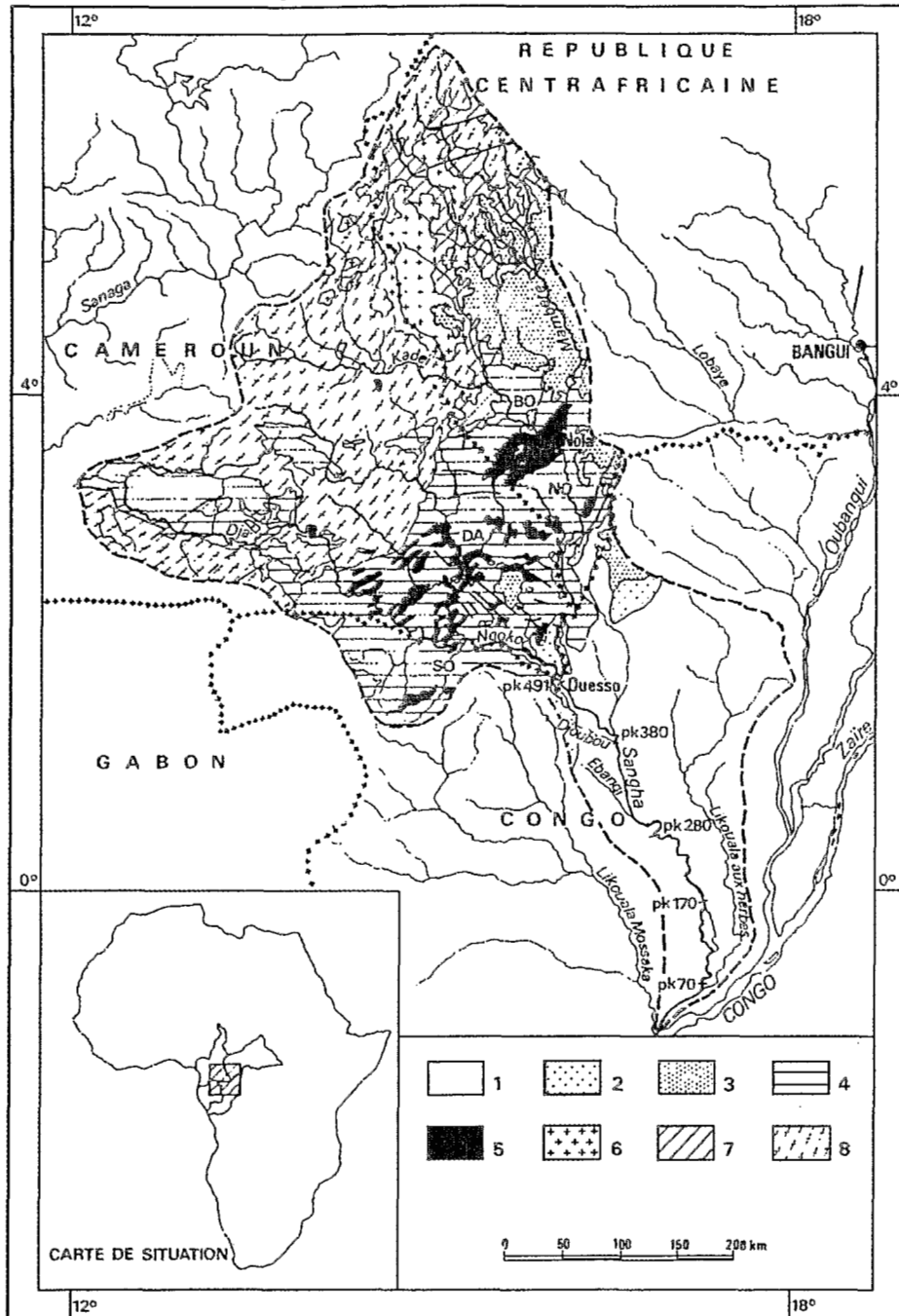


Figure n° 1

Cadre géologique du bassin versant de la Sangha. 1 : formations plio-quaternaires de la cuvette congolaise - 2 : formations cénozoïques - 3 : formations crétacées - 4 : complexe schisto-quartzitique précambrien (BO : série de la Bolé ; NO : série de Nola ; DA : série du Dja ; SO : série de Sembé Ouesso) - 5 : dolérites - 6/7/8 : complexe granito-gneissique : 6 : granites intrusifs ; 7 : gneiss ; 8 : granites syntectoniques ; pk : point kilométrique par rapport à la confluence de la Sangha et du Congo

De 50 km en amont de Ouesso jusqu'à la confluence avec le fleuve Congo, la Sangha coule sur les formations quaternaires à dominante sableuse de la cuvette congolaise.

Le bassin versant de la Ngoko, principal affluent de la rive droite du cours moyen de la Sangha, est dans sa partie supérieure situé sur le complexe granito-gneissique camerounais et dans sa partie moyenne et inférieure sur la série du Dja.

En amont de la confluence de la Ngoko et de la Sangha, subsistent deux placages sableux appartenant l'un, aux sables des plateaux Batékés d'âge néogène, l'autre, à la série du Stanley Pool d'âge mésozoïque.

II. ÉCHANTILLONNAGE ET MÉTHODE D'ÉTUDE

L'échantillonnage a été réalisé sur une distance de 511 km, de la confluence avec le Congo jusqu'au delà de la ville de Ouesso. Les prélèvements ont été faits entre la mi-Janvier et la mi-Février de l'année 1991 au niveau des barres sableuses qui apparaissent à cette époque de l'année. L'espacement moyen entre deux prélèvements consécutifs a été de 10 km ; en amont et en aval de la confluence avec la Ngoko, l'espacement a été réduit à 3 km.

Les échantillons de sable ont fait l'objet de deux types d'analyses : l'analyse granulométrique et l'étude des minéraux lourds.

De l'ensemble des paramètres granulométriques calculés, seuls ont été retenus le premier quartile (Q1), la médiane (MD), le troisième quartile (Q3) ; l'indice de classement, défini par BIETLOT (1940), a été calculé en tenant compte de la progression géométrique des vides de maille des tamis de la série AFNOR, d'où son nom d'indice de Bietlot-AFNOR (C2) [CENSIER, 1991].

La détermination des minéraux lourds a été effectuée dans la fraction granulométrique [0,080 mm - 0,160 mm], fraction classiquement retenue car contenant toutes les espèces minérales de l'échantillon (PARFENOFF et al., 1970).

Seuls, les minéraux lourds transparents ont été pris en compte dans l'établissement des cortèges minéralogiques.

III. CARACTÉRISTIQUES SÉDIMENTOLOGIQUES DE LA CHARGE DE FOND DE LA SANGHA

A. EVOLUTION DE LA GRANULOMÉTRIE ET DU CLASSEMENT DES SABLES

Sur tout le long du secteur étudié, il n'y a pas une évolution continue caractéristique aussi bien des paramètres granulométriques (Q1, Md, Q3) que de l'indice de classement (C2) [fig. 2].

De la confluence avec la Ngoko jusqu'au pk 390, les sables ont tendance à devenir plus fins et parallèlement à être mieux classés.

Du pk 380 au pk 310, les sables sont plus grossiers et moins bien classés ; l'étendue de la distribution de la gamme granulométrique augmente parfois de manière considérable.

Du pk 300 au pk 60, les sables sont moyens et assez bien classés (le C2 est voisin de 30%) ; vers le pk 200 et entre les pk 140 et 100, les sables sont très fins et très bien classés (le C2 est supérieur à 60%). On peut noter que du pk 310 au pk 180 les sables deviennent globalement fins sans être pour autant mieux classés.

C'est du pk 60 à la confluence avec le Congo que les sables présentent une tendance régulière à devenir plus fins et mieux classés.

Toutes ces caractéristiques granulométriques indiquent que ce n'est pas le même stock de sable qui évolue sur tout le cours moyen et inférieur de la Sangha.

La perturbation de la granulométrie des sables qui apparaît à l'aval de la confluence avec la Ngoko, indique que cet affluent apporte un matériel fin dont le mélange avec les sables de la Sangha supérieure est achevé en l'espace de 20 à 30 km.

Aucune perturbation granulométrique n'est décelable à l'aval de la confluence avec les autres affluents du cours moyen de la Sangha (la Ndoki en rive gauche, la Djoubou et l'Ebangi en rive droite).

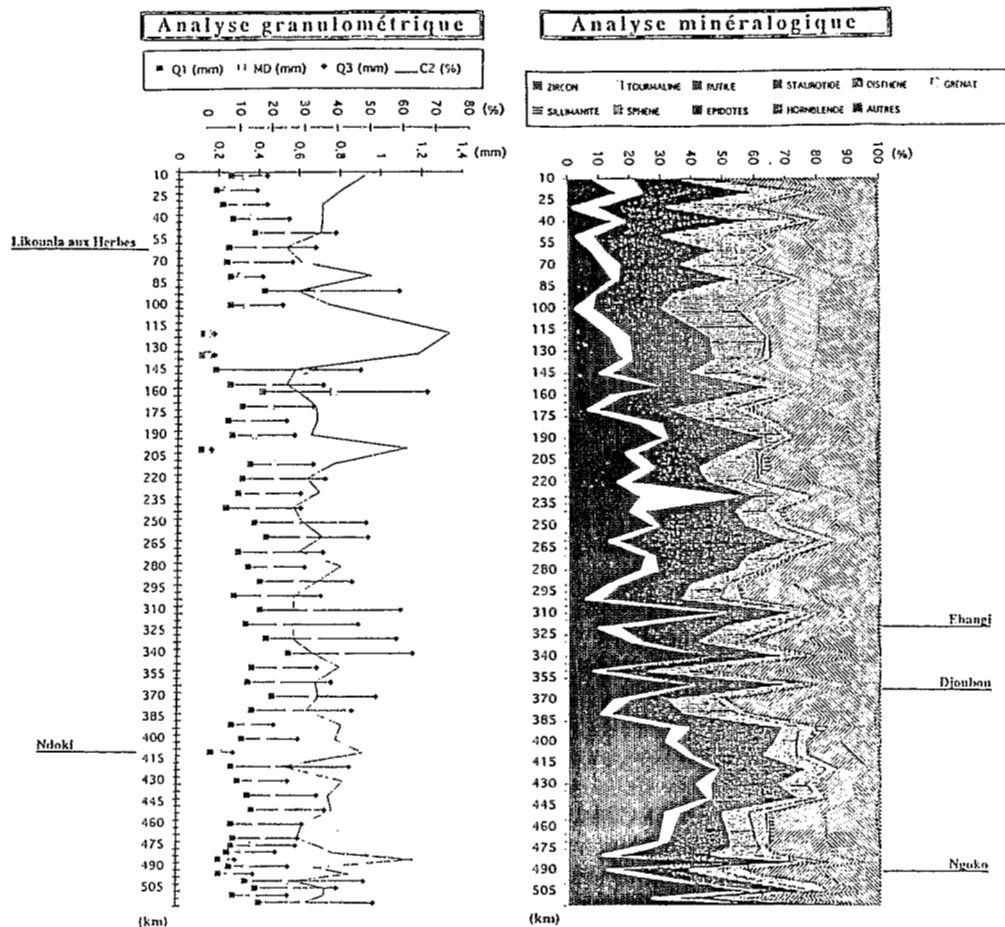


Figure n° 2

Evolution des caractéristiques sédimentologiques des sables du cours moyen et inférieur de la Sangha

L'analyse granulométrique seule ne permet pas de donner une indication sur les apports éventuels de la Likouala aux herbes.

Aux apports du cours supérieur de la Sangha et de la Ngoko, s'ajoutent des apports par érosion des berges ou du lit de la Sangha ; ces apports se manifestent par de brusques variations des paramètres granulométriques et du classement de la charge de fond.

Les apports par érosion des berges ou du lit de la Sangha sont perceptibles entre les pk 380 et 310 et entre les pk 170 et 145 (matériel plus grossier et moins bien classé), vers le pk 200, et entre les pk 140 et 100 (matériel fin et généralement très bien classé).

Entre ces secteurs, étant donné l'évolution globale de la granulométrie (tendance à une évolution vers des sables plus fins et mieux classés), il apparaît que la Sangha n'a pas la force érosive suffisante pour creuser son lit et transporte seulement le matériel détritique.

B. EVOLUTION DES CORTEGES MINERALOGIQUES

Les mêmes espèces minérales s'observent sur tout le cours moyen et inférieur de la Sangha (fig. 2). Des plus abondants aux moins abondants, on rencontre : le zircon, le rutile, la hornblende, les épidotes, le disthène, la tourmaline, la staurotide, le grenat, la sillimanite et le sphène. l'augite, le zircon-hyacinthe, l'andalousite, l'hypersthène, le corindon et la glaucophane ont été décelés.

En ne prenant en compte que les 10 minéraux les plus fréquents, on note que, de l'amont vers l'aval, il y a une augmentation plus ou moins régulière du disthène et de la staurotide, une augmentation en dents de scie de la hornblende, et une diminution du zircon (fig 2).

Afin de mieux circonscrire l'évolution de toutes les espèces minérales, il a été procédé à un regroupement des échantillons par secteur et au calcul du cortège minéralogique moyen pour chaque secteur.

Six secteurs ont été définis (fig 1) :

- de la confluence avec le Congo à la confluence avec la Likouala aux herbes (pk 60) (secteur 1) ;
- du pk 70 au pk 170 (secteur 2) ;
- du pk 180 au pk 270 (secteur 3) ;
- du pk 280 au pk 380 (secteur 4) ;
- du pk 390 au pk 491 (secteur 5) ;
- en amont de la confluence avec la Ngoko, c'est-à-dire du pk 494 au pk 511 (secteur 6).

Cette étude permet de mieux préciser l'évolution des pourcentages relatifs de chaque minéral lourd de l'amont vers l'aval (fig 3).

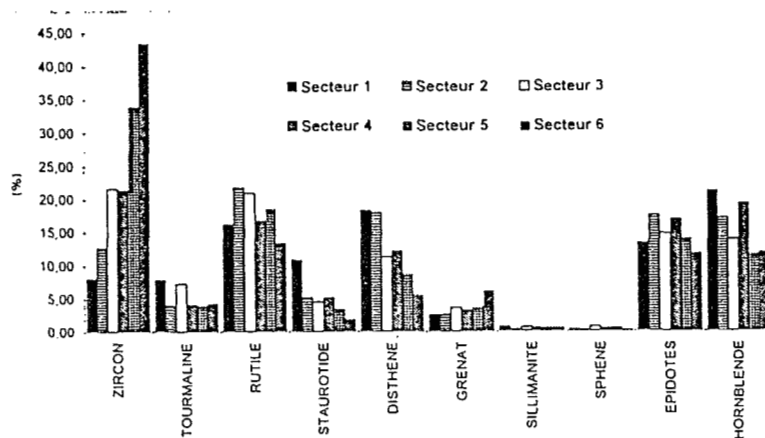


Figure n° 3

Evolution des cortèges minéralogiques moyens des sables du cours moyen et inférieur de la Sangha. La localisation des différents secteurs est donnée au §III, B.

Les mêmes variations des cortèges minéralogiques se manifestent lors du passage du secteur 5 au secteur 4 et du secteur 3 au secteur 2 : il y a augmentation en hornblende, disthène, épidotes et staurotide et diminution en zircon, tourmaline, grenat, sillimanite, sphène.

D'après les échelles de résistance mécanique à l'abrasion (THIEL, 1940) et de résistance chimique à l'altération (PETTIJOHN, 1941 ; CAILLEUX et TRICART, 1959 ; MORTON, 1984), cette évolution correspond à une diminution des minéraux les plus résistants et, parallèlement, à une augmentation des minéraux les moins résistants. Ces variations traduisent donc des apports en hornblende, disthène, épidotes et staurotide le long des secteurs 4 et 2 par érosion des berges ou du lit de la Sangha.

Du secteur 2 au secteur 1, il y a augmentation importante en hornblende, staurotide et tourmaline, et une diminution nette en zircon, rutile et épidote. Cette évolution peut également correspondre à des apports par érosion au niveau du secteur 1, mais, étant donné la pente très faible du cours inférieur de la Sangha, peut aussi traduire des apports par la plaine alluviale et/ou par la Likouala aux herbes.

Du secteur 4 au secteur 3, l'augmentation en minéraux résistants (tourmaline, zircon, rutile, grenat, sillimanite, sphène) et la diminution en minéraux moins ou peu résistants (hornblende, épidotes, disthène et staurotide) correspondent à l'évolution classique d'un même matériel détritique au cours de son transport ; la Sangha, au niveau du secteur 3, n'érode pas son lit et transporte seulement sa charge de fond.

L'augmentation en disthène, rutile, épidote et staurotide entre le secteur 6 et le secteur 5 peut refléter soit les apports de la Ngoko soit une zone d'érosion de la Sangha au niveau du secteur 5, soit les deux phénomènes combinés.

III. LES PROCESSUS SEDIMENTAIRES DANS LA SANGHA

A. LES APPORTS DE MATERIEL DETRITIQUE PAR LES TRIBUTAIRES DU COURS MOYEN ET INFÉRIEUR DE LA SANGHA

1°- Le bassin supérieur de la Sangha

D'après les associations minéralogiques qu'ils renferment, les sables de la Sangha en amont de la confluence de la Ngoko résulte d'un mélange des produits de démantèlement des différentes formations géologiques de son bassin versant supérieur (CENSIER, 1991).

L'érosion des faciès quartzitiques du complexe schisto-quartzitique précambrien fournit un matériel détritique contenant du zircon et de la tourmaline (de 30 à 60%) du rutile (de 10 à 30%), et de la staurotite, du disthène, des épidotes, de la hornblende (en quantités variables et jusqu'à 10%), et exceptionnellement, et suivant les secteurs géographiques, du sphène, de la sillimanite, du grenat.

L'érosion des massifs doléritiques qui recoupent le complexe schisto-quartzitique apporte à l'association précédente, des pyroxènes (augite et hypersthène notamment), et de fortes quantités de hornblende, en raison de l'ouralisation des pyroxènes, et de fortes quantités d'épidotes, conséquence de la saussuritisation des plagioclases. Ce matériel détritique est principalement apporté par la Kadéi qui, juste en amont de la confluence avec la Mambéré, traverse un important massif doléritique.

La formation grés-conglomératique de Carnot contient un cortège minéralogique relativement homogène : zircon (de 30 à 60%), tourmaline et rutile (de 15 à 20%) ; staurotite (10%) ; disthène (de 5 à 15%) ; sphène, monazite, épidotes, hornblende grenat, sillimanite, corindon, anatase (<1%).

Les pourcentages en staurotite et disthène sont plus élevés dans le secteur méridional de la formation que dans le secteur septentrional. Les apports des produits de démantèlement de cette formation à la Sangha se font par la Mambéré et par les affluents centrafricains en rive gauche de la Sangha.

Le bassin supérieur de la Mambéré et de la Kadéi est situé dans le complexe granito-gneissique précambrien. Les cortèges minéralogiques sont variables et fonction des différents faciès : apatite (de 30 à 60%), zircon (de 10 à 30 %), hornblende, épidotes, augite, grenat et sphène (de 1 à 10%), rutile, monazite, tourmaline, anatase et disthène (<1%).

L'absence d'apatite dans les sables de la Sangha s'explique par sa très faible résistance au transport.

Il a été montré qu'il y a eu une reprise récente de l'érosion du lit de la Mambéré, consécutive probablement à un soulèvement de la région ; elle est à l'origine du phénomène de "désalluvionnement" du cours moyen et inférieur de la Mambéré (CENSIER, 1991).

De même, il faut noter que, dans sa partie centrafricaine, la Sangha n'a pas atteint son profil d'équilibre ; elle a un cours en baïonnette et recoupe tout un ensemble de barres quartzitiques.

La composition minéralogique des sables du cours supérieur de la Sangha reflète bien cette prédominance de produits de démantèlement de la formation de Carnot et d'érosion du complexe schisto-quartzitique.

2°- Les affluents du cours moyen et inférieur de la Sangha

- Les apports de la Ngoko sont repérables par les perturbations granulométriques et minéralogiques qu'ils entraînent juste à l'aval de la confluence avec la Sangha (fig 2). Cependant, ces apports sont peu importants puisqu'en moins de 30 km, les perturbations sont complètement estompées.

- Les apports de la Likouala aux herbes paraissent très peu importants. D'un point de vue granulométrique, il n'y a aucune perturbation brusque à l'aval de la confluence de la Likouala et de la Sangha. D'un point de vue minéralogique, les pourcentages de zircon, rutile, disthène, sillimite, sphène et hornblende, observés à l'aval de la confluence, ne peuvent pas résulter d'un simple mélange des sables de la Sangha et de la Likouala aux herbes (fig 4).

- Dans la mesure où il n'y a ni perturbation granulométrique, ni variation du cortège minéralogique des sables de la Sangha à l'aval de la confluence avec la Ndoki, les apports de cet affluent de rive gauche du cours moyen peuvent être considérés comme négligeables.

- Les variations des cortèges minéralogiques des sables de la Sangha à l'aval de la confluence avec la Djoubou et l'Ebangi sont fugaces et ne s'accompagnent pas de perturbations granulométriques (fig 2). Les apports de ces deux affluents de rive droite sont donc très faibles.

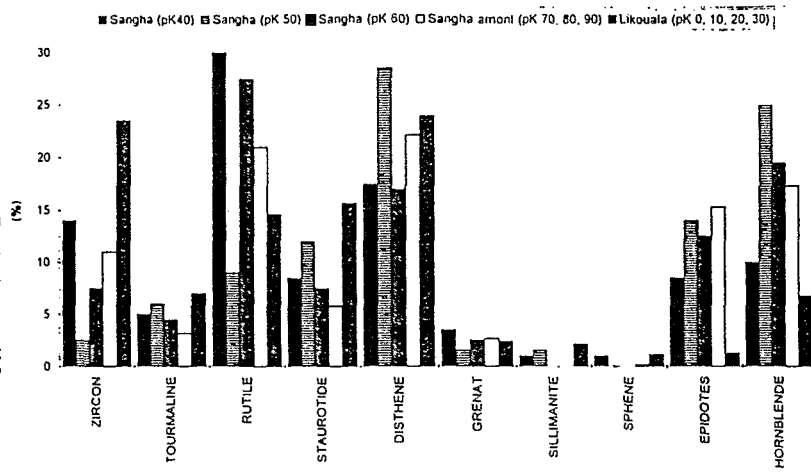


Figure n° 4 :

Comparaison des cortèges minéralogiques des sables de la basse Likouala aux herbes avec ceux de la Sangha en amont et en aval de la confluence. pk : point kilométrique ; pour la Sangha, par rapport à la confluence avec le Congo ; pour la Likouala, par rapport à la confluence avec la Sangha. Pour la Sangha amont et la Likouala, il s'agit des cortèges minéralogiques moyens.

B. EROSION ET TRANSPORT

Les résultats fournis par l'analyse granulométrique et l'analyse minéralogique des sables de la Sangha sont tout à fait concordants et complémentaires.

Globalement, aux brusques variations granulométriques, correspondent d'importantes variations quantitatives des cortèges minéralogiques, et à une évolution progressive de la granulométrie correspond une évolution également progressive des cortèges minéralogiques.

Cette approche sédimentologique permet donc de distinguer les zones du bassin soumises à l'érosion de celles qui ne le sont pas.

Les mécanismes d'érosion et d'apport de matériel détritique et, par voie de conséquence, l'évolution des cortèges minéralogiques le long du cours moyen et inférieur de la Sangha peuvent être précisés grâce au traitement des données minéralogiques par analyse factorielle des correspondances (AFC) qui est une méthode statistique multivariée descriptive (BENZÉCRI et BENZÉCRI, 1980 ; DE LAGARDE, 1983) (fig.5).

Les trois premiers axes factoriels traduisent respectivement 51,6, 18 et 10,8% de la variance totale.

Le premier axe est défini par le zircon à coordonnée négative (62%), opposé à la hornblende et au disthène (14 et 11%) à coordonnée positive.

Le second axe est défini par la tourmaline (36%) opposée au rutile (48%).

Le troisième axe est défini par la tourmaline, le rutile et le grenat (41, 18 et 8%) opposés à la hornblende (23%).

Les autres minéraux interviennent peu ou pas dans la définition de ces trois axes factoriels.

Dans le plan déterminé par le premier et le troisième axe factoriel, pour lequel sept minéraux contribuent à sa définition, les minéraux se répartissent en deux nuages distincts ; le premier regroupe les minéraux résistants, le second, les minéraux peu ou moins résistants. Cette distinction est encore plus nette si on élimine la sillimanite dont la qualité de la représentation par rapport au plan est très faible.

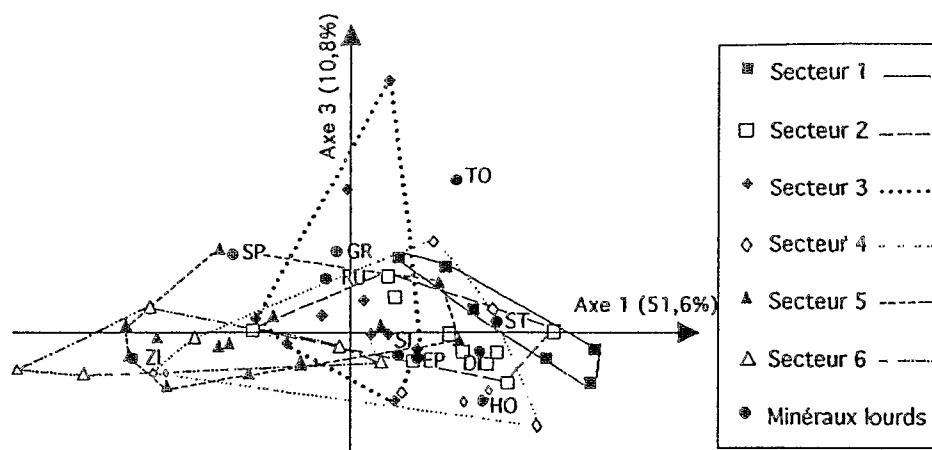


Figure n° 5

Analyse Factorielle des correspondances des cortèges minéralogiques des sables de la Sangha. La localisation des différents secteurs est donnée au §III, B.

Les nuages des points échantillons des secteurs 2 et 4, soumis à l'érosion, sont très étalés le long de l'axe 1 et chevauchent les nuages des minéraux résistants et peu résistants. Cet étalement montre que l'érosion ne se manifeste pas de façon uniforme le long de ces secteurs ; les zones où l'érosion est la plus forte sont donc mieux localisées à l'intérieur des secteurs définis dans le cadre de cette étude.

Le nuage des points échantillons du secteur 5, situé à l'aval de la confluence avec la Ngoko, présente également un large étalement selon l'axe 1 ; cet étalement qui confirme le mélange de matériel détritique, montre aussi les apports par érosion le long de ce secteur.

A l'inverse, le nuage des points échantillons du secteur 3, dans lequel il n'y a pas érosion, est beaucoup plus homogène et seulement étalé le long de l'axe 3.

Le nuage des points échantillons du secteur 1 est relativement homogène, très largement chevauchant avec le nuage des points minéraux peu résistants. Cette superposition confirme qu'il y a des apports dans la partie basse de la Sangha par érosion du lit ou par la plaine alluviale dans la mesure où la pente est, à ce niveau, très faible.

Ces apports se caractérisent par une augmentation des pourcentages en staurotide, disthène et hornblende. Il y a donc une grande similitude avec les secteurs 2 et 4 (seul, le pourcentage en épidotes n'augmente pas).

De l'amont vers l'aval, il y a un déplacement quasi continu des nuages de points, avec certes des chevauchements, d'un pôle zircon vers et au delà d'un pôle défini par la hornblende, le disthène et la staurotide.

Ce déplacement des nuages de points indique que les zones soumises à l'érosion apportent un matériel qui modifie globalement les caractéristiques minéralogiques des sables du cours moyen et inférieur de la Sangha.

Ainsi, contrairement à l'interprétation de GIRESSÉ et al. (1990), les sables du cours inférieur de la Sangha ne proviennent pas exclusivement du démantèlement des formations géologiques du bassin supérieur de la Sangha :

- les pourcentages de hornblende et d'épidotes, minéraux peu résistants au transport, sont moins élevés dans les formations du bassin supérieur de la Sangha que dans les sables de son cours inférieur ; cette évolution minéralogique ne peut pas s'expliquer en considérant une phase de transport de l'amont vers l'aval de la Sangha ;
- la présence de hornblende, de disthène, d'épidotes et de staurotide en quantité relativement élevée immédiatement en amont de la confluence avec le Congo traduit une érosion et des apports de différentes zones des alluvions plio-quadernaires de la cuvette congolaise.

CONCLUSION

L'analyse sédimentologique des sables de la Sangha permet de préciser la dynamique de la charge de fond de son cours moyen et inférieur et d'expliquer l'origine des sables qui parviennent jusqu'au fleuve Congo.

Le long du cours moyen et inférieur de la Sangha, quatre zones soumises à une érosion plus ou moins importante ont été mises en évidence (fig. 6).

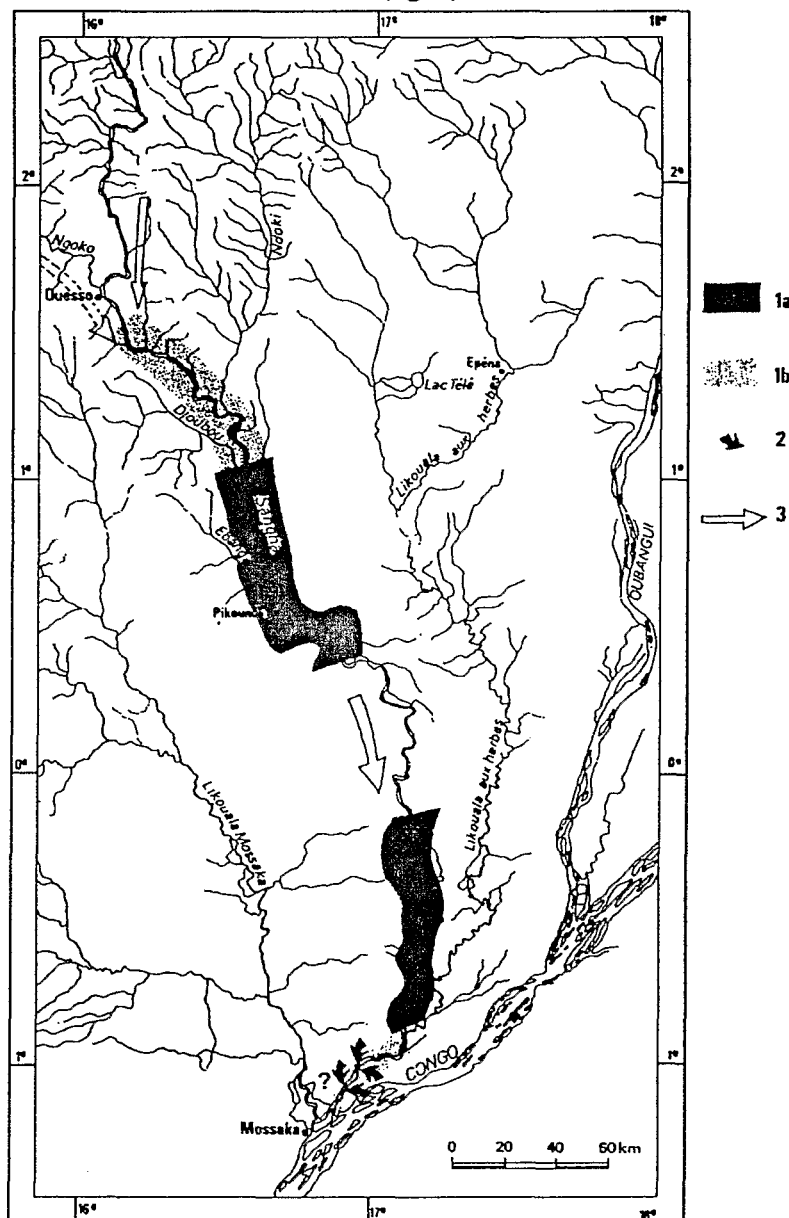


Figure n° 6

Délimitation des zones soumises à l'érosion dans le bassin moyen et inférieur de la Sangha.

- 1a : zones soumises à une érosion importante ; 1b : zones soumises à une érosion modérée -
 2 : apports par la plaine alluviale - 3 : zones où dominent les processus de transport

Étant donné les modifications minéralogiques des sables, observées de l'amont vers l'aval, il apparaît que les processus d'érosion au niveau de ces zones libèrent une quantité de matériel détritique supérieure à celle apportée par le cours supérieur de la Sangha et par la Ngoko.

En conséquence, les sables qui parviennent au Congo sont issus pour leur plus grande majorité de l'érosion des formations plio-quaternaires de la cuvette congolaise et ne contiennent qu'une quantité réduite de matériel provenant du démantèlement des formations du bassin supérieur de la Sangha.

Le cours inférieur de la Sangha véhicule une quantité relativement importante de matières en suspension (MES). La connaissance de la dynamique de la charge de fond permet de préciser la dynamique des MES du fait de la liaison fréquente entre les modalités de déplacement de ces deux types de charge. Il est donc probable que les MES proviennent principalement des mêmes zones dont est issue la charge de fond de la Sangha.

BIBLIOGRAPHIE

- BENZECRI J.P., BENZECRI F. - 1980 - Pratique de l'analyse de données. Tome I : analyse des correspondances. Exposé élémentaire. Dunod Ed. (Paris), 424 p.
- BESSELES B., TROMPETTE R. - 1980 - Géologie de l'Afrique. La chaîne panafricaine "zone mobile d'Afrique Centrale (partie sud) et zone mobile soudanaise". Éditions du BRGM, mém. du BRGM n° 92, 396 p.
- BIETLOT A. - 1940 - Méthodes d'analyses granulométriques. Applications à quelques sables éocènes belges. Mém. Soc. Géol. de Belgique, 64, fasc. 2, pp. 79-169.
- BOULVERT Y. - 1987 - Carte oro-hydrographique à 1/1000 000. Notice explicative. Éditions de l'ORSTOM, Coll. Notice Explicat. n° 106, 118 p.
- CAILLEUX A., TRICART J. - 1959 - Initiation à l'étude des sables et des galets. Centre de Doc. Univers., 3 t.
- CENSIER C. - 1991 - Dynamique sédimentaire d'un système fluvial diamantifère mésozoïque : la formation de Carnot (République centrafricaine). Éditions du BRGM, Doc. n° 205, 568 p.
- GAZEL J., GUIRAUDIE C. - 1956 - Feuille Abong-Mbang-Ouest. Rap. Ann. Serv. Géol., Cameroun, 1954, pp. 51-60, 1 carte.
- GIRESE P., OUNETINGUE R., BARUSSEAU J.P. - 1990 - Minéralogie et micro-granulométrie des suspensions et des alluvions du Congo et de l'Oubangui. Sci. Géol., Bull., Strasbourg, 43, 2-4, pp. 151-173.
- GRES M., LEGRAS M. - 1970 - Mission Ouessou, Rapport de synthèse (1964-1967). Rép. du Congo, Ministère des Finances, du Budget et des Mines. Rap. BRGM, 65 p.
- LAGARDE (de) J. - 1983 - Initiation à l'analyse de données. Dunod Ed. (Paris), 158 p.
- 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., n° 2, pp. 64-68.
- LASSERE M., TEMPIER P., SUIRE J. - 1981 - Age (Rb/Sr) cambrien supérieur de quelques granites camerounais situés au sein de la zone mobile de l'Afrique Centrale. C. R. Acad. Sci., Paris, t. 292, sér. II, pp. 903-908.
- MESTRAUD J.L. - 1982 - Géologie et ressources minérales de la République Centrafricaine. État des connaissances à fin 1963 (avec la collaboration de B. Besseles). Éditions du BRGM, mém. du BRGM n° 60, 186 p.
- MORTON A.C. - 1984 - Heavy minerals in provenance studies. In : Provenance of arenites, G.G. Zuffa Ed., NATO ASI series, ser. C, 148, pp. 249-277.
- PARFENOFF A., POMEROL C., TOURENQ J. - 1970 - Les minéraux en grains. Méthodes d'étude et de détermination. Masson Ed. (Paris), 578 p.
- PETTIJOHN F.J. - 1941 - Persistence of heavy minerals and geologic age. Journ. Geol., 49, pp. 610-625.
- POIDEVIN J.L., PIN C. - 1986 - 2 Ga U-pb zircon dating of Mbi granodiorite (Central African Republic) and its bearing on the Proterozoic of Central Africa. Journ. Afr. Earth Sci., 5, n°6, pp. 581-587.
- SONET J. - 1958 - Carte géologique de reconnaissance de l'A.E.F. à l'échelle du 1/500.000. Feuille Ouessou avec notice explicative. Publ. Dir. Mines et Géol., A.E.F., Brazzaville, 24 p.
- THIEL G. A. - 1940 - The relative resistance to abrasion of mineral grains of sand size. Journ. Sed. Petrol., 10, pp. 103-124.
- WOLFF J.P. - 1962 - Carte géologique de reconnaissance à l'échelle du 1/500 000. Feuille de Nola avec notice explicative. Publ. Inst. Equ. Rech. Géol. et Min., Brazzaville, 32 p.