

Géologie/Geology

L'agencement des chaînes (panafricaines et hercynienne) sur la bordure occidentale du craton ouest africain

Michel VILLENEUVE, Sylvain BONVALOT et Yves ALBOUY

Résumé — La zone mobile qui entoure le craton ouest africain apparaît continue de la Mauritanie jusqu'à Liberia. En réalité cette zone mobile est constituée par l'assemblage de trois chaînes érigées lors d'orogénèses différentes mais qui se superposent en Mauritanie et en Sierra Leone. Le seul endroit où ces trois chaînes ne se superposent pas mais ont des directions divergentes, est le Sud du Sénégal et l'Ouest de la Guinée. A cet endroit la chaîne la plus ancienne constituée lors de l'orogénèse du Panafricain I (800 à 660 Ma) porte le nom de Bassarides. Elle a une direction NNE-SSW. La chaîne qui lui succède est celle des Rokélides constituée lors de l'orogénèse du Panafricain II (660-550 Ma). Elle se prolonge en direction SSE-NNW du Libéria jusqu'à la Gambie. L'orogénèse la plus récente est liée à la collision hercynienne (300-250 Ma) entre l'Afrique et l'Amérique du Nord et affecte essentiellement les Mauritanides qui vont de la Mauritanie jusqu'en Guinée-Bissau où elles ont une direction SW-NE à E-W. Bien que la chaîne des Bassarides n'apparaisse que sur une faible superficie elle constitue l'élément principal de toute la zone mobile ouest africaine car elle est à l'origine de son découpage en blocs (bloc des Rokélides et microplaque sénégalaise). Elle s'étendait vraisemblablement de la Mauritanie au Libéria et constituait au Panafricain I, un rift qui s'est fermé vers 660 Ma.

Panafrican to hercynian fold belts assemblage in the western part of west Africa

Abstract — The West African fold belt from Mauritania to Liberia is made of the assemblage of three different belts produced by three different orogenesis. The first belt outcropping in South Senegal and West Guinea is called the Bassarides. The Bassarides built up during the Panafrican I orogeny (800 to 660 Ma) originated in an intracontinental rift closed at about 660 Ma. This rift probably developed all along the western part of the West African craton. The second fold belt called the Rokelides outcrops in Liberia, Sierra Leone and Guinea. It built up during the Panafrican II orogeny (660 to 550 Ma) and consists of a reworking of the western Panafrican I active margin thrust over sedimentary basins (Rokel-River basin, for example). These basins overlie the Bassarides and they were folded in the vicinity of the "main Rokelide foreland thrust" which extends from Liberia to Gambia in a SSE-NNW direction. The third fold belt called the Mauritanides outcrops from Akjoujt to Guinea-Bissau. This last tectonic event is linked to the hercynian collision which occurred between Africa and North America during the Carboniferous/Permian time.

Abridged English Version — The western mobile belt of West Africa extends from Mauritania to Liberia (Fig. 2a). Previous works ([2] and [13]) distinguished two different belts separated by a Paleozoic sub-horizontal basin called the Bové basin which occurs in Guinea. These fold belts are: the Mauritanides in the Northern part ([2] to [5]) and the Rokelides in the Southern part ([8], [10]). In the *Mauritanides*, post Devonian tectonic events (Hercynian) have been demonstrated ([2], [3], [5]) and Panafrican undetermined orogeny have been strongly suspected [4]. In the *Rokelides*, Late Panafrican to Caledonian (Late Cambrian) orogenies are well documented by geochronological data ([19], [21]). Recent works in Southern Senegal and Western Guinea ([6], [8], [12]) show the presence of two Panafrican fold belts separated by a main unconformity [1]. The existence of these two panafrican fold belts is supported by gravity interpretations ([11], [26]) and geochronological data ([12], [20]). The first panafrican fold belt called the Bassarides occurs in the "Bassarid mountains" (Fig. 1a). In this area (Bassarid branch) the Bassarides showing a SSW-NNE trend exhibit volcano-sedimentary and volcanics rocks (basalts) with tholeiitic to alkaline affinities ([6] and [15]). Metamorphism of these rocks dated by $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ method on muscovites, indicates a 660 Ma age [12]. In the Koulountou branch and in the Western

Note présentée par Xavier LE PICHON.

0764-4450/90/03100955 \$ 2.00 © Académie des Sciences

ORSTOM Fonds Documentaire

N° : 31.900 ex1

Cote : B

14 MAI 1991

p33

11

inliers (Tominé, Kemberra and Touré Guémé) occur volcanic and plutonic rocks of calc-alkaline affinity [6], they intrude an older basement. Geochronological investigations by several methods ([20], [12]) provide ages between 683 to 673 Ma for the plutonic emplacement of granites and 660, 560, 538 and 278 Ma for the subsequent metamorphisms. The 660 Ma metamorphism corresponds to this one of the Bassaris branch. The rocks of the Bassaris and Koulountou branches could be related to the Panafrican I orogeny which corresponds to a rift which closed at about 660 Ma. The Bassaris branch rocks are considered as a rift sequence (Red sea type) while the rocks of the Koulountou branch are considered as calc-alkaline intrusions in an the active margin. Gravity interpretations [11] support the existence of a west dipping suture related to closure of this rift. The Bassarides are covered by sedimentary formations which filled basins located on both sides of the Bassaris mountains. The Eastern one became the Rokel-River basin in Sierra-Leone. The Rokelide belt in Sierra Leone is thrust over this Rokel-River basin. The mylonite associated with this thrust has been dated at 539 Ma [24] and the metamorphism of the Western unit displays an age of 560 Ma ([24], [19]). We followed this mylonite belt up to the Kemberra inlier [17] and to the Tominé inlier. Post tectonic granites outcropping 50 km East of Conakry (*Fig. 1 a*) were emplaced at about 533 Ma [21]. Sediments deposited before 560 Ma in the foreland basins, were folded in the vicinity of this main thrust as well as in the Rokel-River basin [9] and in the Youkounkoun basin (*Fig. 1 b*). In the Koulountou branch, North of the studied area, muscovites and biotites of volcanics tuffs and mylonites display an age of 254 and 278 Ma [12]. This age is likely the same as that of the Paleozoic Bove basin folding. This folding affects as well the molasses of the Rokelide orogen in the Northern part of the Youkounkoun basin as the Upper Devonian sediments of the Bové basin, in the Gabu area [14]. These deformations are linked to the Hercynian orogeny which is very well developed in the Mauritanides belt. The studied area (*Fig. 1 a*) is interpreted as a triple junction between the Mauritanides, Bassarides and Rokelide belt.

The gravity map (*Fig. 2 b*) ([11], [25], [26]) reveals 4 different sectors. Sector 1 characterized by negative gravity trend, corresponds to the west african craton, whereas the others ([2], [3] and [4]) located on the remobilized area can be interpreted as different crustal blocks. Sector 2 contains NS trending anomalies and covers the Senegalese microplate. Sector 4 displays EW trending anomalies in its northern part (such as the Gambia anomaly) and submeridian directions in its northern part along the edge of west african craton. This sector defines a crustal block called Rokelides block. Sector 3 corresponds to the Bassarides outcrop and shows SSW-NNE trending anomalies interpreted as the gravity expression of the panafrican I suture [11].

INTRODUCTION. — Le craton Ouest Africain est ceinturé par des chaînes mobiles constituées lors des orogénèses panafricaines (800 à 500 Ma) et hercynienne (300 à 250 Ma). Sur la bordure occidentale, cette zone mobile s'étend en continuité, de la Mauritanie jusqu'au Libéria (*fig. 2 a*). Les travaux antérieurs ont conduit à y distinguer deux orogénèses panafricaines [1] et une orogénèse hercynienne ([2] à [5] et [1]). La première (Panafricain I) correspond à la fermeture d'un rift ([6] et [7]). L'orogénèse du Panafricain II correspond à une remobilisation du substratum occidental (bloc oriental) et au plissement des bassins sédimentaires postérieurs au Panafricain I [6] tandis que l'orogénèse hercynienne se manifeste par la mise en place de nappes et par le plissement des bassins paléozoïques ([2] à [6]). Toutes ces orogénèses n'affectent pas l'ensemble de

la zone mobile, c'est ainsi que nous avons pu distinguer trois chaînes différentes par leur âge et leur évolution [8]. Ces trois chaînes sont du Nord au Sud : les *Mauritanides* de la Mauritanie à la Guinée-Bissau, les *Bassarides* au Sud du Sénégal et au Nord de la Guinée, les *Rokélides* du Sud de la Guinée au Libéria.

DONNÉES GÉOLOGIQUES. — Sougy [2] et Bassot [13] avait déjà signalé qu'au Sud du Sénégal, la chaîne des Mauritanides (s.l.) se divisait en deux branches (*fig. 1 a*) : une branche orientale formée par les Monts Bassaris qui rejoignait les Rokélides de Sierra Léone et une branche occidentale (ou branche de la Koulountou) qui partait en direction NE-SW vers la Guinée-Bissau. La branche des Bassaris est recouverte par le bassin subhorizontal de Bové constitué par des dépôts Cambro-Ordovicien à Dévonien supérieur ([13] et [14]), tandis que les déformations de la branche de la Koulountou affectent la bordure Nord de ce bassin Bové. Ces auteurs en concluaient que la branche des Bassaris était liée à une orogénèse calédonienne ou plus ancienne tandis que la branche de la Koulountou s'était formée lors de l'orogénèse hercynienne. Des travaux plus récents ([6] et [12]) ont montré que la branche des Bassaris correspondait en fait à la partie affleurante d'une séquence volcano-sédimentaire basique plissée et métamorphisée. La branche de la Koulountou ainsi que les boutonnières situées à l'Ouest de Gaoual (*fig. 1*) sont constituées par des roches volcano-détritiques plus acides associées à des granites d'âge panafricain et intrudés dans un substratum granito-gneissique d'âge indéterminé. Les roches volcaniques des Bassaris indiquent une affinité avec les basaltes océaniques [15] tandis que celles de la Koulountou montrent une affinité calco-alcaline [6]. L'ensemble de ces roches constitue la chaîne des Bassarides résultant de l'orogénèse du Panafricain I ([6] et [8]). Cette chaîne a été ensuite recouverte par des matériaux sédimentaires essentiellement argilo-gréseux (groupes de Mali et de Batapa) déposés dans des bassins situés de part et d'autre des Monts Bassaris (*fig. 1 a et b*). Ces matériaux ont été plissés (Panafricain II) notamment dans le bassin de Youkounkoun avant les dépôts de grès et de conglomérats du groupe de Youkounkoun eux-mêmes recouverts par les sédiments grés-argileux du Bassin paléozoïque de Guinée (bassin Bové). Des travaux récents ([16] et [17]) ont montré que la mylonite des boutonnières de Kemberra, Koba et Touré Guémé correspondait au prolongement septentrional du chevauchement frontal des Rokélides (Panafricain II) dont la direction est SSE-NNW.

DONNÉES GÉOCHRONOLOGIQUES. — Les données géochronologiques [12] et ([20] à [23]) effectuées au Sénégal et en Guinée sont reportées sur la figure 1 a.

— Dans la branche des Bassaris, les mesures par la méthode $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ montrent l'existence d'un métamorphisme vers 660 Ma dans les Monts Bassaris [12]. Ce métamorphisme est relié à l'orogénèse du Panafricain I.

— Dans la branche de la Koulountou on trouve des âges de 683 ± 19 Ma et 673 Ma (méthode Rb/Sr) qui correspondent à la mise en place des granites calco-alcalins [20] sur la marge occidentale du rift du Panafrican I. Ces granites sont affectés par un métamorphisme vers 660 Ma [12] qui correspond à celui des Bassarides. Les muscovites des tuffs et des gneiss mylonitiques de Damantan situés plus à l'Ouest ont enregistré un âge de 278 et 254 Ma (méthode $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$). Cet âge est relié à l'orogénèse hercynienne [12].

— Dans les boutonnières de Téliélé et Kindia, les granites constituant le substratum indiquent un âge de 755 ± 20 Ma (méthode $^{40}\text{Ar}/^{40}\text{K}$) tandis que les mylonites du chevauchement frontal des Rokélides (*fig. 1*) indiquent un âge de 534 ± 10 Ma à l'Ouest de Téliélé [19].

— *Vers Conakry*, des granites post-tectoniques [21] se sont mis en place vers 533 ± 7 Ma.
 — *En Sierra Leone*, les données radiométriques obtenues par diverses méthodes ([22], [23]) indiquent un âge de métamorphisme de 560 ± 20 Ma sur les micaschistes et un âge de 539 ± 20 Ma sur les mylonites du chevauchement frontal des Rokélides.

Malgré le petit nombre de datations disponibles on distingue ([8] et [12]) : un premier métamorphisme vers 660 Ma (Panafricain I), un second métamorphisme vers 560-550 Ma (Panafricain II), une remobilisation thermique vers 535-540 Ma affectant les mylonites du chevauchement frontal des Rokélides et un nouveau métamorphisme vers 270 à 250 Ma (Hercynien) qui affecte uniquement les tuffs et les mylonites de la Koulountou.

En Mauritanie, les Mauritanides sont affectées par les métamorphismes du Panafricain I, du Panafricain II et de l'Hercynien ([7], [24]).

DONNÉES GRAVIMÉTRIQUES. — La carte gravimétrique de cette zone mobile Ouest africaine, dressée à partir des travaux anciens et récents, montre quatre secteurs différents (fig. 2 b). *Le secteur 1* correspondant à la bordure occidentale du craton ouest africain montre des anomalies négatives alignées selon une direction SW-NE à E-W. *Le secteur 2* comporte des anomalies positives orientées NS à NNW-SSE. La plus importante, celle des Mauritanides atteint une amplitude de 50 Mgal. Elle semble liée à la suture panafricaine [25]. *Le secteur 3* montre une anomalie positive (anomalie de Gamon) orientée SSW-NNE, de faible dimension avec une amplitude de 30 à 40 mgal. Cette anomalie associée à des anomalies négatives de faible valeur (−10 à −30 mgal) matérialise la suture des Bassarides ([6], [11]).

EXPLICATIONS DES PLANCHES

Planche I

Fig. 1. — (a) Schéma géologique du Sud du Sénégal et de l'Ouest de la Guinée. 1, failles; 2, chevauchement frontal des Rokélides; 3, chevauchements, failles inverses; 4, sédiments Mésocénozoïques; 5, intrusions mésozoïques; 6, bassin paléozoïque de Bové; 7, dépôts molassiques du Panafricain II (Rokélides); 8, dépôts sédimentaires dans les bassins du Panafricain II; 9, formations volcano-sédimentaires de la branche des Bassaris; 10, marge active du Panafricain I remobilisée au cours du Panafricain II, dans la branche de la Koulountou; 11, sédiments du Protérozoïque supérieur dans le bassin de Madina-Kouta; 12, substratum Archéen et Birrimien. Les chiffres soulignés correspondent aux âges radiométriques, en millions d'années, discutés dans le texte. (b) Coupe à travers la partie méridionale du bassin de Youkounkoun, de la boutonnière de Kembra aux Monts Bassaris. 1, Sédiments gréseux du Bassin Bové; 2, grès et conglomérats de la molasse du Panafricain II; 3, argilites du Panafricain II; 4, tillites de la base des sédiments du Panafricain II; 5 et 6, séquence volcano-sédimentaire du Panafricain I (Bassarides); 7, marge active du Panafricain I; 8, mylonite soulignant le chevauchement frontal des Rokélides.

Fig. 1. — (a) Geological sketch map of Southern Senegal and Western Guinea. 1, faults; 2, "Main foreland thrust" of the Rokelide; 3, faults and thrusts; 4, Meso-Cenozoic sediments; 5, Mesozoic intrusions; 6, Paleozoic Bové basin; 7, molassic sediments of the Panafrican II orogeny (Rokelide); 8, sediments of the Panafrican II basins; 9, volcano-sedimentary rift sequence of the Bassaris branch; 10, rejuvenated Panafrican I active margin. 11, Upper Proterozoic sediments of the Madina-Kouta basin; 12, West African craton basement. The underlined numbers correspond with the radiometric ages (in Ma) exposed in text. (b) Geological cross section of the Southern Youkounkoun basin. 1, Bové basin sediments; 2, Panafrican II molassic sandstones and conglomerates; 3, Panafrican II sedimentary sequence; 4, Tillites of the Panafrican II sedimentary sequence; 5 and 6, Volcano-sedimentary rocks of the Panafrican I rift sequence; 7, Panafrican I active margin; 8, Rokelide thrust mylonites.

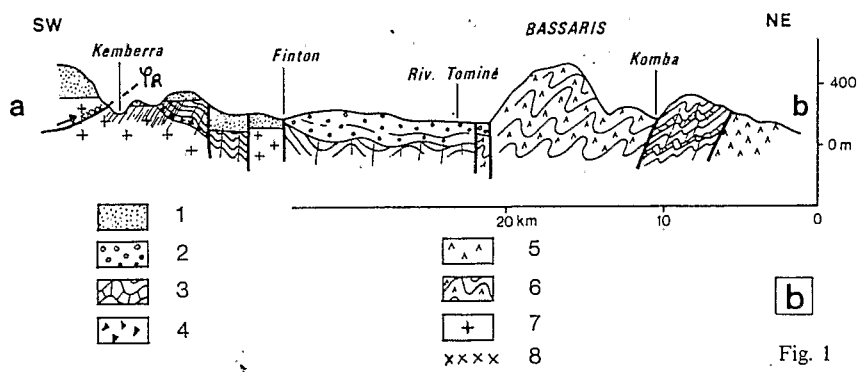
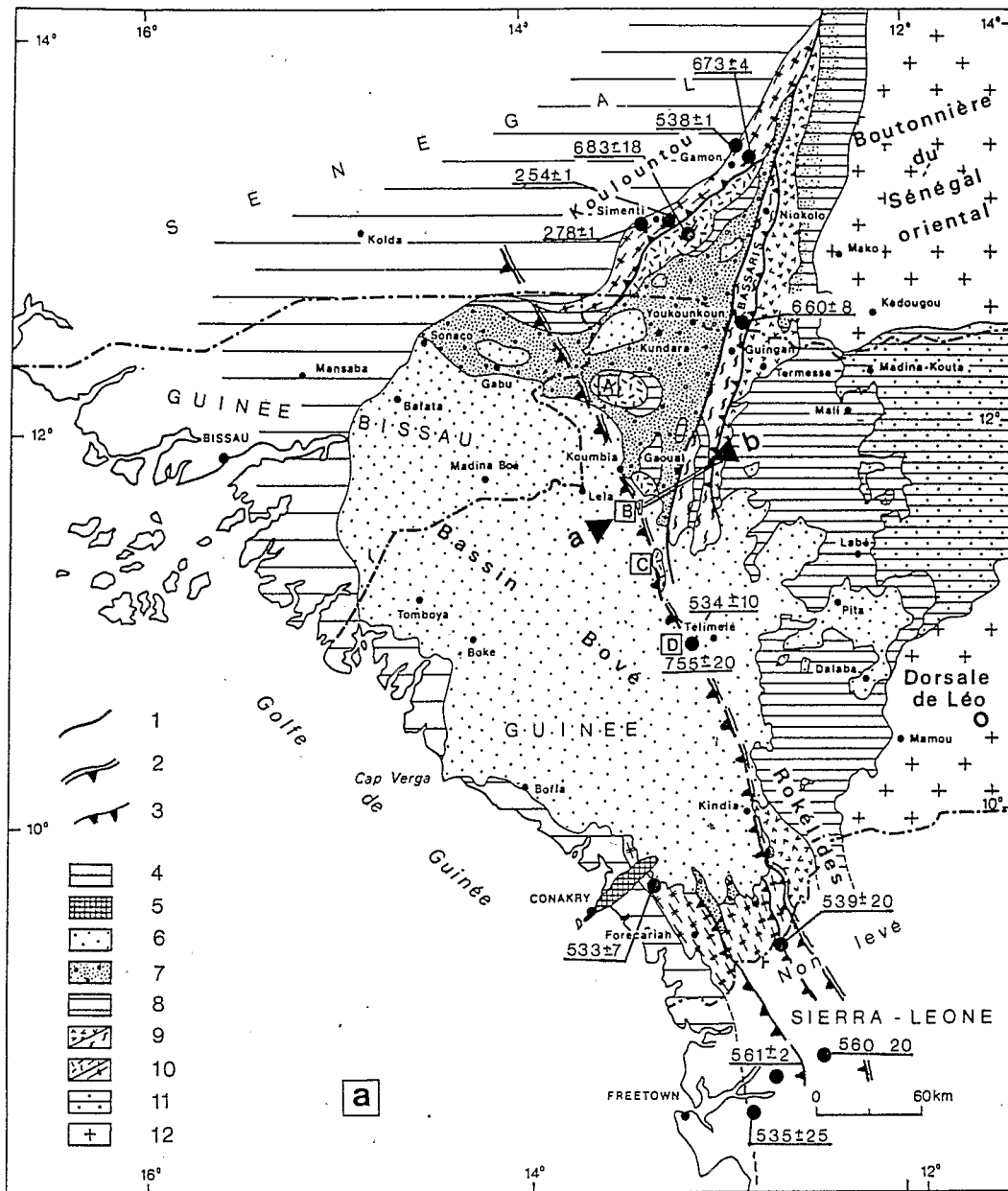


Fig. 1

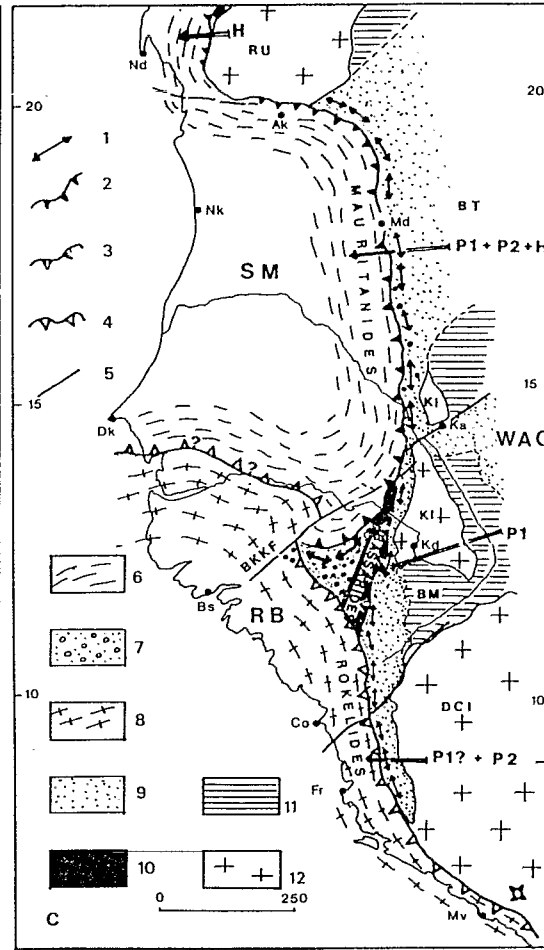
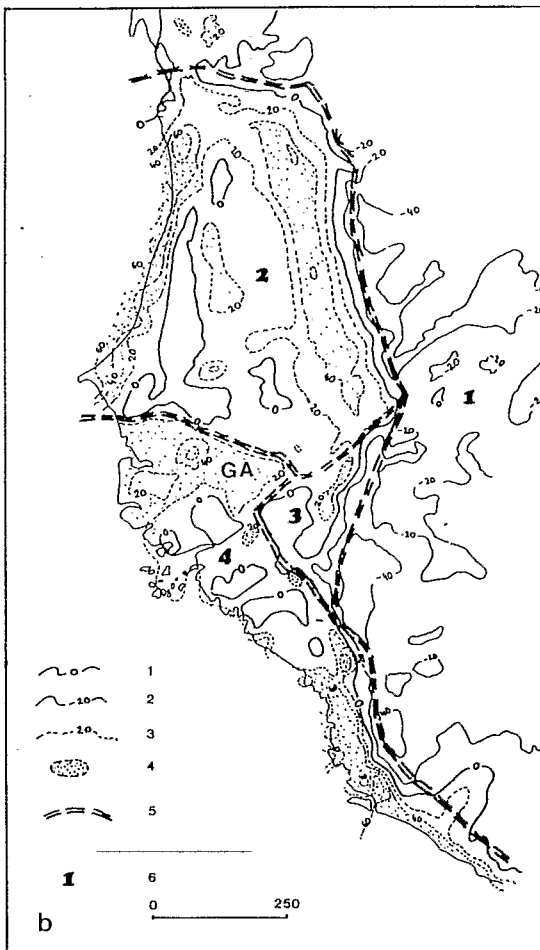
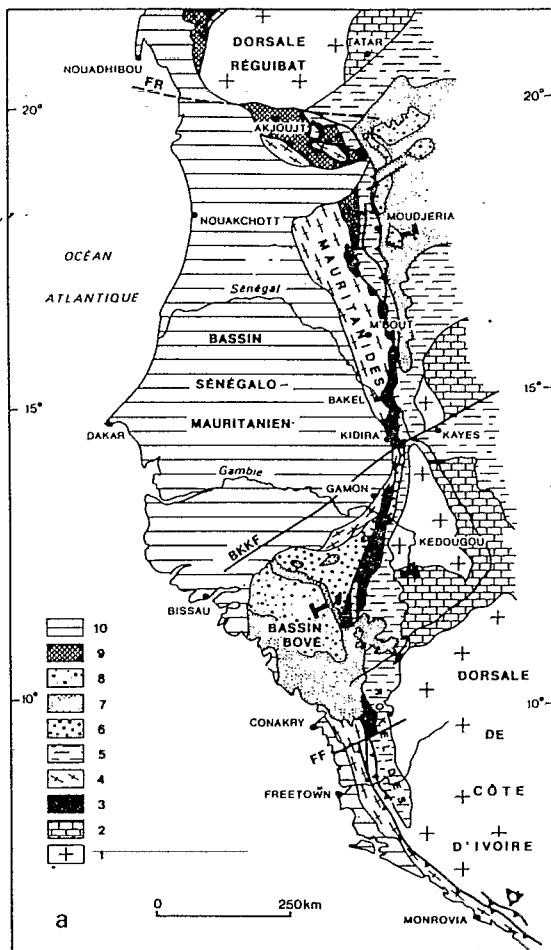


Planche II

Fig. 2. — (a) Schéma géologique de la bordure occidentale du craton Ouest africain. 1, socle; 2, sédiments du Protérozoïque supérieur; 3, formations volcaniques basiques du Panafricain I (rift séquence); 4, marge active du Panafricain I; 5, sédiments remplissant les bassins du Panafricain II; 6, Cambro-Ordovicien; 7, Ordovicien et Silurien; 8, Devonien; 9, Nappes hercyniennes. BKKF-lineament tectonique de Bissau-Kidira. (b) Carte simplifiée des anomalies gravimétriques. 1, isanomale 0; 2, isanomaes négatives (équidistance 20 mgal); 3, isanomaes positives (équidistance 20 mgal); 4, principales anomalies gravimétriques positives; 5, limites des principaux secteurs gravimétriques; 6, numéro d'ordre des secteurs gravimétriques. GA, anomalie de la Gambie. (c) Schéma structural montrant les relations entre les Bassarides, les Rokélides et les Mauritanides en Afrique de l'Ouest. 1, axes de plis dans la couverture sédimentaire Protérozoïque et Paléozoïque; 2, chevauchement frontal des Mauritanides; 3, chevauchement frontal des Bassarides; 4, chevauchement frontal des Rokélides; 5, failles; 6, domaine interne des Mauritanides; 7, molasse des Rokélides déposée dans le bassin de Youkounkoun; 8, domaine interne des Rokélides; 9, bassins du Panafricain II; 10, ride des Bassaris (volcano-sédiments du rift des Bassarides); 11, dépôts sédimentaires du Protérozoïque supérieur contemporains du rift des Bassarides; 12, substratum métamorphique du craton Ouest-africain. SM, microplaque sénégalaise; RB, bloc des Rokélides; WAC, craton Ouest africain; BT, bassin de Taoudeni; BM, bassin de Madina-Kouta; P1, zone d'influence de l'orogénèse du Panafricain I; P2, zone d'influence de l'orogénèse du Panafricain II; H, zone d'influence de l'orogénèse hercynienne.

Fig. 2. — (a) Geological sketch map of the Western part of the West African craton. 1, basement; 2, Upper Proterozoic sediments; 3, Panafrican I volcano-sedimentary rift sequence; 4, Panafrican I active margin; 5, Panafrican II basins sedimentary rocks; 6, Cambro-Ordovician; 7, Ordovician and Silurian; 8, Devonian; 9, Hercynian nappes. BKKF-Bissau-Kidira fault zone. (b) Simplified gravity map. 1, 0 Bouguer contour line; 2, negative contour line; 3, positive contour line; 4, main positive anomalies; 5, gravimetric sectors boundaries; 6, number of gravity sectors. GA, Gambia gravity anomaly. (c) Structural cartoon showing relationships between the Bassarides, the Rokelides and the Mauritanides fold belts. 1, Fold axis in the Proterozoic and Paleozoic covers; 2, Mauritanian thrust; 3, Bassarides thrust; 4, Rokelides thrust; 5, faults; 6, Mauritanide fold belt; 7, Rokelides molasses deposited in the Youkounkoun basin; 8, Rokelides fold belt; 9, foreland basins of the Panafrican II orogeny; 10, Bassaris ridge (rift sequence of the Bassarides belt.); 11, Upper Proterozoic continental sediments; 12, West african craton metamorphic basement (Archean and Birrimian). SM, Senegal microplate; RB, Rokelides block; WAC, West African craton; BT, Taoudeni basin; BM, Madina-Kouta basin; P1, Panafrican I folded area; P2, Panafrican II folded area; H, Hercynian folded area.

Le secteur 4 est constitué dans sa partie nord par des anomalies gravimétriques positives et négatives d'orientation générale E-W à WSW-ESE dont la plus importante, celle de la Gambie (50 Mgals) borde le Nord du secteur. Il pourrait s'agir de la limite Nord des Rokélides.

CONCLUSIONS ET INTERPRÉTATIONS. — Les données géologiques, géochronologiques et gravimétriques ont permis de distinguer trois orogénèses successives (Panafricain I, Panafricain II et hercynienne) donnant trois chaînes différentes : les Bassarides (Panafricain I), les Rokélides (Panafricain I et II), les Mauritanides (Panafricain I et II et Hercynien). Le secteur étudié ici est donc le point de rencontre des trois chaînes constituant la zone mobile de l'Afrique de l'Ouest (fig. 2c). L'existence de la chaîne des Bassarides dans les Mauritanides et les Rokélides supposée dès 1984 [6] est maintenant admise [24]. Ainsi donc cette chaîne des Bassarides qui n'est clairement individualisée que dans notre secteur d'étude aurait été fortement remobilisée dans les secteurs voisins par les orogénèses postérieures. Ce point de concours des chaînes peut provenir de l'existence d'un point triple du rift du Panafricain I dont les branches Nord et Sud ont été réutilisées lors des orogénèses postérieures.

Note remise le 22 juin 1989, acceptée après révision le 15 janvier 1990.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] M. VILLENEUVE, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304, série II, 1987, p. 835-840.
- [2] J. SOUGY, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 73, 1962, p. 871-876.
- [3] J. P. LECORCHE, *Thèse Sc.*, Univ. Aix-Marseille-III, 1980, 446 p.
- [4] O. DIA, *Thèse Sc.*, Univ. Aix-Marseille-III, 1984, 552 p.
- [5] A. LE PAGE, *Thèse Sc.*, Univ. Aix-Marseille-III, 1983, 518 p.
- [6] M. VILLENEUVE, *Thèse Sc.*, Univ. Aix-Marseille-III, 1984, 552 p.
- [7] R. D. DALLMEYER et P. LECORCHE, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 101, 1989, p. 55-70.
- [8] M. VILLENEUVE et R. D. DALLMEYER, *Prec. Res.*, 37, 1987, p. 19-28.
- [9] P. M. ALLEN, *Geol. Rundsch.*, 58, n° 2, 1969, p. 588-620.
- [10] S. J. CULVER et H. R. WILLIAMS, *Geol. Soc. London*, 136, 1979, p. 605-618.
- [11] J. F. PONSARD, *Thèse Univ.*, Univ. Aix-Marseille-III, 1984, 198 p.
- [12] R. D. DALLMEYER et M. VILLENEUVE, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 98, 1987, p. 602-611.
- [13] J. P. BASSOT, *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, 40, 1966, 322 p.
- [14] M. VILLENEUVE et P. R. DA ROCHA ARAUJO, *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 7, n° 26, 1984, p. 1033-1039.
- [15] P. L. DUPONT, M. VILLENEUVE et H. LAPIERRE, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 299, série II, 1984, p. 65-70.
- [16] N. S. TORCHINE, *Notice de la feuille Youkounkoun 1/200 000*, Conakry, 1976, 165 p.
- [17] M. VILLENEUVE, *Trav. Lab. Sc. Terre*, St. Jérôme, Marseille, X, 34, 1979, 39 p.
- [18] J. P. BASSOT, M. BONHOMME, M. ROQUES et M. VACHETTE, *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 5, p. 401-405.
- [19] Y. P. SELIVERSTOV, *Notice de la feuille Conakry 1/200 000*, 1970, 289 p.
- [20] J. P. BASSOT et M. CAEN-VACHETTE, *J. Afr. Earth Sc.*, 1, 1983, p. 159-165.
- [21] R. D. DALLMEYER, M. CAEN-VACHETTE et M. VILLENEUVE, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 89, 1987, p. 87-93.
- [22] R. D. BECKINSALE, R. J. PANKHURST et N. J. SNELLING, *Overseas Geol. and Miner. Resources*, 7.
- [23] R. D. DALLMEYER, *J. of Geology*, 89, 1989, p. 183-195.
- [24] J. P. LECORCHE, R. D. DALLMEYER et M. VILLENEUVE, *Geol. Soc. Amer.*, Spec. Paper, 230, 1989, p. 131-144.
- [25] Z. GUETAT, *Thèse 3^e cycle*, Univ. Montpellier, 1981, 176 p.
- [26] S. BONVALOT, M. VILLENEUVE, A. LEGELEY et Y. ALBOUY, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 307, série II, 1988, p. 1863-1868.

M. V. : Institut de Géodynamique, U.R.A.-C.N.R.S. n° 1279,
Sophia Antipolis I, avenue A.-Einstein, 06560, Valbonne;

S. B. et Y. A. : Laboratoire de Géophysique, ORSTOM, 70-74, route d'Aulnay, 93140 Bondy.