

Les chapeaux de fer polymétalliques à zinc du Togo (Afrique de l'Ouest)

Alain BLOT et Philippe MAGAT

Résumé — Des minéralisations ferrifères secondaires sont largement répandues dans les formations métamorphiques de l'Atacora du Togo. Elles se caractérisent par des affleurements allongés avec une composition dominée par le fer et la silice et sont constituées de goëthite, hématite et quartz. Ces formations contiennent de fortes anomalies en zinc et en baryum, en cuivre, en plomb et en arsenic, avec un fond relativement élevé en nickel et cobalt. Ces roches superficielles sont des chapeaux de fer, distincts des cuirasses latéritiques.

Zinc-bearing polymetallic gossans in Togo (West Africa)

Abstract — Secondary iron ores in the are quite extensive metamorphic formations of Atacora in Togo. They are characterized by elongated outcrops containing very high quantities of iron and silica, and composed of goëthite, hematite and quartz. These superficial formations contain high anomalies of zinc, barium, copper, lead and arsenic with a background relatively high in nickel and cobalt content. These surface rocks are gossans distinct from lateritic crusts.

Abridged English Version — INTRODUCTION. — Iron ores are quite extensive in Atacora and Buem, the external structural units of the Dahomeyides Range ([1] to [4]). In the same area, secondary iron outcrops are numerous but were scarcely studied before 1982: ferruginous incrustations [5], tectonic breccias [6], lateritic breccias [7] or anomalous lateritic iron-stones ([8], [9]). Since 1982, research on these surficial ores has shown original materials in a tropical environment.

Secondary iron outcrops extend widely in Atacora from Kpalime to Bassar at 270 km (Fig. 1). Near Pagala, where the first surficial iron outcrop had been described ([8], [9]), 80 outcrops were located in 80 km² (Fig. 2). In this area ferruginous outcrops abound and are detailed in studies (Fig. 3). Here Atacora shows a large amount of various rocks described in the Pagala Series: quartzites, micaschists, schists, black graphitic schists, phosphorites, crystalline dolomites and complex magmatic rocks. Rocks were metamorphosed and tectonized during the Panafrican Orogen ([1], [2], [3]).

DESCRIPTION. — Secondary iron outcrops are rough ridges with decimetric to plurimetric blocks of iron oxi-hydroxides, elongated like the other environmental rocks (NNE-SSW). Outcrops are exposed several decameters to several hectometers long and several meters wide. The main zone is between the high Adele Plateau, often indurated with lateritic ironstones (600-700 m) and River Anie plane sometimes indurated (local level point: 250 m). Facies and fabrics are very numerous at each outcrop and between all of them, with extreme local variations in colour, texture, structure, density and other properties. Near secondary iron blocks, other massive white blocks are composed of kaolinite and silica, in the same weathered profile.

Samples of ferruginous materials are characterized by abundant goëthite and lesser amounts of hematite and secondary quartz, which is epitaxial on goëthite. Principal primary minerals are quartz and muscovite; sometimes trace amounts of carbonate ([6], [12]), pyrite or, locally, hematite are found.

Note présentée par Georges PEDRO.

Iron is the prime element, accompanied by hydroxiles; the second is silicium. Aluminium generally remains under 10%, and Mg, Ca, Na are negligible. K is in relationship with small amounts of muscovite. Small amounts of Mn and P are noted in relatively high content for ironstones (Table I).

All minor elements are present with systematic high anomalies for Zn and Ba, frequent anomalies for As, Cu, Pb, RE and high levels for Ni, Co (Table II) ([8], [9], [11], [12]). Principal anomalous combinations with iron are: Zn-Ni-Co, Ba-Pb, Zn-Ba-Ni-Co... [11].

Zinc is always high: Zn content reaches 1.5% in iron outcrops and 1,300 ppm in soil sediments around some outcrops (*Fig. 3*) [11].

CONCLUSION. — Several observations should be noted to understand the place and nature of these surficial iron outcrops ([8], [11]):

- they commonly form rough linear ridges;
- main components are goëthite and lower secondary hematite and secondary quartz;
- Fe secondary minerals are separate from Al-Si secondary minerals;
- primary minerals (quartz and muscovite) locate iron segregation in schists, but source is unknown;
- the ironstones are strongly anomalous in a wide range of elements: Fe, Mn, P, Zn, Ba, As, Pb, Cu, R.E., with frequent high levels for Ni, Co;
- Al, Ti, Cr, V are always low.

The significant variation in colour, texture and structure between samples, as well as the original mineralogy and chemistry are distinguishing marks from primary iron ores. The shape of outcrops is furthermore a distinguishing mark from lateritic ironstones in the same area where rocks are intensely weathered.

These surficial iron-rich outcrops are polymetallic and come from a polymetallic source which is unknown: they are gossans ([13], [14]) in an extensive gossan zone. They take place in weathering and chemical alteration of volcanic and sedimentary sequences of the Atacora Range.

I. INTRODUCTION. — Les minéralisations ferrifères primaires sont connues depuis fort longtemps dans les Unités Externes de la Chaîne des Dahomeyides ([1] à [4]). Les minéralisations secondaires qui forment des affleurements d'extension réduite, n'ont pratiquement pas été étudiées jusqu'en 1982 et ont été souvent identifiées de façon imprécise ou contradictoire: encroûtements ferrugineux [5], brèches tectoniques ferrugineuses [6], brèches ferrugineuses latéritiques [7], cuirasses anormales ([8], [9]). Des investigations spécifiques ont permis de mieux définir ces ferruginisations superficielles en milieu tropical.

II. EXTENSION RÉGIONALE ET CADRE GÉOLOGIQUE. — Les travaux d'inventaire effectués à partir de la *carrière de latérite* de Pagala Village ont montré la très grande dispersion des affleurements ferrugineux secondaires: 150 corps ont été reconnus dans l'Atacora du Togo, avec une extension N-S d'au moins 270 km (*fig. 1*), dont 80 à proximité de Pagala dans une aire de 80 km² (*fig. 2*). Les études de détail permettent de distinguer des affleurements plus nombreux encore, comme au Sud de la carrière de marbre de Pagala (*fig. 3*).

Les formations porteuses des ferruginisations secondaires appartiennent à l'Unité Structurale de l'Atacora ([1], [2], [3]) : il s'agit ici de roches fort variées, regroupées par commodité sous le nom de Série de Pagala, où les différents termes lithologiques témoignent d'une histoire complexe : quartzites, micaschistes, schistes carbonés, dolomies cristallines, phosphorites et un cortège de roches de chimisme tholéïtique. Il s'agit d'une série précambrienne volcano sédimentaire, métamorphisée et tectonisée ([3], [10], [11]).

III. CARACTÉRISATION DES FERRUGINISATIONS SECONDAIRES DE L'ATACORA. — 1. *Faciès et morphologie des matériaux.* — Les formations ferrugineuses de surface sont des *affleurements allongés* plus ou moins continus de blocs à faciès variés; leur orientation est sub-méridienne comme l'ensemble des roches du secteur, formant des bancs grossièrement parallèles. Les dimensions de ces corps sont de quelques mètres de large et de quelques décamètres à hectomètres de long.

Ces formations affleurent dans le glacis disséqué par l'érosion entre les plateaux souvent cuirassés de l'Adélé (600-700 m) et la plaine d'érosion localement cuirassée de la rivière Anié (niveau de base local à 250 m). Le paysage est constitué de collines à pentes fortes et à cours d'eau encaissés, avec un couvert végétal dense.

Les faciès sont très variés tant sur un affleurement que sur les divers bancs. Ils sont en pelure d'oignon, massifs, scoriacés, géodiques, schistosés, gréseux, conglomératiques, brêchiques... En coupe fraîche, les couleurs sont franches : brun, ocre, rouge, violet, orange, gris, noir, blanc, avec tous les intermédiaires possibles. L'abondance des oxyhydroxydes de fer bien cristallisés donne fréquemment un éclat métallique ou semi-métallique.

Les bancs sont composés de blocs décimétriques à plurimétriques, discontinus, au sein d'altérites très argilisées renfermant également une accumulation de blocs massifs blancs composés de kaolinite et de silice, disjoints latéralement du matériel ferrugineux. La zone à hydroxydes en blocs est de l'ordre de 25 m de puissance.

2. *Constitution minéralogique.* — Les investigations présentées ici concerne le matériel ferrugineux s. s. Les altérites et le cortège kaolinique et siliceux seront étudiés ultérieurement. La minéralogie est alors dominée par l'abondance des oxyhydroxydes de fer, le plus souvent bien cristallisés, avec des minéraux de grande taille : la goëthite et dans une moindre mesure l'hématite. Ces minéraux donnent des cristallisations bien développées dans tous les faciès des ferruginisations. En association étroite avec la goëthite, et épitaxique sur les rosettes de celle-ci, le quartz secondaire se présente en cristaux automorphes parfaitement limpides. Dans ces matériaux les autres minéraux secondaires et les argiles sont rares.

Quant à la phase primaire, conservée dans les matériaux, elle est constituée de quartz et d'une relative abondance de muscovites plus ou moins assemblées : débris de schistes, micaschistes, ou micas dispersés. D'autres minéraux primaires sont plus rares : carbonates à l'état de fantômes ([6], [12]), pyrite, hématite localisée.

Les oxyhydroxydes de fer et le quartz déterminent plus de 90 % des éléments des matériaux étudiés ici.

3. *Composition et géochimie des ferruginisations secondaires* (tableaux I et II). — La variété des faciès se traduit par des compositions très variées avec une prépondérance nettement marquée du fer, de la silice et des hydroxydes liés au fer. L'aluminium est le plus souvent en très faible quantité et les autres éléments ont en moyenne une teneur inférieure à 1 %. Les alcalinoterreux majeurs et le sodium sont en quantité négligeable,

TABLEAU I

Composition des chapeaux de fer du Togo (%).

Togolese gossans content (%)

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	Mg O	Ca O	Na ₂ O	K ₂ O	Ti O ₂	P ₂ O ₅	P. F.
1	22,1	4,5	62,0	0,75	0,27	<0,2	<0,05	0,72	0,14	0,54	8,36
2	19,1	3,3	16,8	1,13	0,22	—	—	0,67	0,10	0,37	3,40
		(1)	(1)						(1)	(1)	

1, moyenne, *mean*; 2, écart-type; *standard deviation*; n, 76 (1) ou 77.

TABLEAU II

Teneurs en éléments mineurs des chapeaux de fer du Togo (ppm).

Minor element contents in togolese gossans (ppm)

	As	Ba	Ce	Co	Cr	Cu	La	Nb	Ni	Pb	Sc	Sr	V	Y	Yb	Zn	Zr
Max	1 680	12 000	1 522	641	661	6 000	105	14	592	540	428	205	292	500	39	17 000	160
Mean	51	1 543	49	91	45	58	27	6	182	86	8	22	60	55	6	2 573	59
s. d.	201	2 036	36	46	52	61	27	3	156	86	6	33	53	49	7	3 625	34
n	93	77	76	76	76	76	77	61	77	93	76	77	77	76	76	77	77

alors que le potassium est relativement maintenu en relation avec la persistance des micas. Ces matériaux sont en outre assez riches en manganèse, phosphore, zinc et baryum, dont les teneurs dépassent celles en calcium, sodium et magnésium. D'autres éléments sont bien représentés, soit de manière systématiques comme le nickel et le cobalt, soit avec des anomalies erratiques parfois fortes en plomb, cuivre, arsenic et T.R. Les diverses anomalies ont été étudiées à partir de cette population ou encore cartographiquement sur les matériaux ferrugineux et leur encaissant superficiel (prospection géochimique sur prise de sol) : les teneurs en zinc vont jusqu'à 1,5 % dans les ferruginisations et 1 300 ppm dans les sols, qui peuvent d'ailleurs présenter des auréoles de distribution autour des corps ferrugineux indépendamment des relations topographiques (*fig. 3*). Quel que soit le matériel observé, les anomalies sont pluri-élémentaires, et les principales associations avec le fer sont Zn-Ni-Co, Zn-Ba-Ni-Co, Ba-Pb... [11].

IV. ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION ET CONCLUSIONS. — Les ferruginisations secondaires du Togo sont des bancs chaotiques orientés suivant l'orientation des roches et mis à jour par l'incision d'un plateau ancien.

Leur minéralogie est donnée par l'importance prise par les minéraux secondaires : *gauthite*, *hématite* et *quartz* qui témoignent de l'intensité des migrations des éléments. Celle-ci est complétée par une *ségrégation sélective* se traduisant par une séparation dans le paysage entre les minéralisations strictement ferrifères et les argiles (+ silice). Les minéraux primaires, où les micas et le quartz dominent, privilégie la piste d'un piège des minéralisations secondaires à partir des schistes. Cependant localement d'autres roches qui ont signé leur héritage peuvent participer à la genèse de ces ferruginisations : roches carbonatées, phosphorites, hématitites.

Les principaux éléments caractéristiques des ferruginisations secondaires du Togo, sont par ordre d'importance quantitative : *Fe*, *P*, *Mn*, *Zn*, *Ba* et, relativement au clarke : *Co*, *Ni*, *Pb*. De fortes teneurs erratiques en *As*, *Cu* T.R., marquent ces matériaux. En même temps les teneurs en *Al*, *Ti*, *V* sont particulièrement basses. Les principales anomalies systématiques ou erratiques sont assez *spécifiques de ces matériaux de surface*. Elles suggèrent une minéralisation polymétallique dans un milieu où le fer a migré intensément.

Fig. 1. — Extension régionale des chapeaux de fer du Togo. 1, NE Bassar; 2, Secteur de Pagala (*Pagala area*); 3, Dikpéléou; 4, Kpalimé. (a) Unité Structurale de l'Atacora (*Atacora Structural Unit*); (b) Unité Structurale du Buem (*Buem Structural Unit*).

Fig. 1. — *Regional extend of gossans in Togo.*

Fig. 2. — Les chapeaux de fer dans le secteur de Pagala. 1, affleurements ferrugineux; 2, avec anomalie en Pb; 3, sur phosphorites; 4, sur hématite à Pb-Zn.

Fig. 2. — *Gossans in Pagala area. 1, ferruginous outcrops; 2, with high Pb; 3, on phosphorites; 4, on hematite with Pb-Zn.*

Fig. 3. — Répartition des corps ferrugineux et des anomalies en zinc. 1, affleurements ferrugineux secondaires; 2, sols à teneur en Zn > 200 ppm.

Fig. 3. — *Secondary ferruginous outcrops and Zn soils anomalies. 1, ferruginous outcrops; 2, soils with Zn > 200 ppm.*

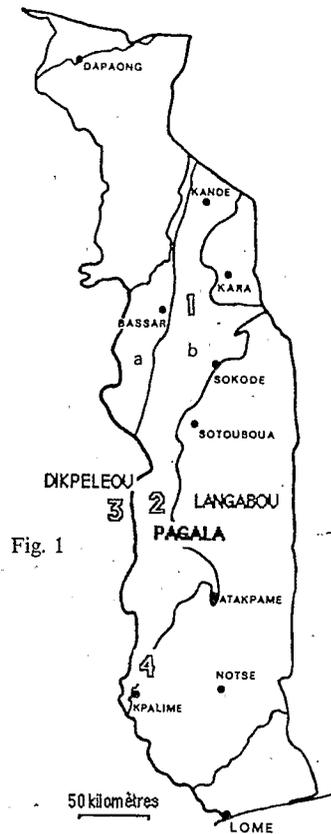


Fig. 1

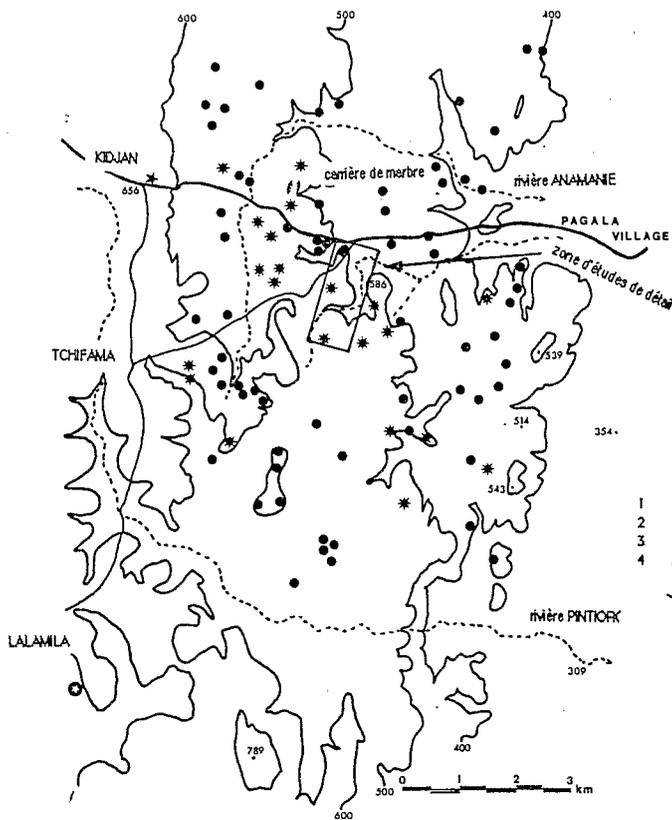


Fig. 2

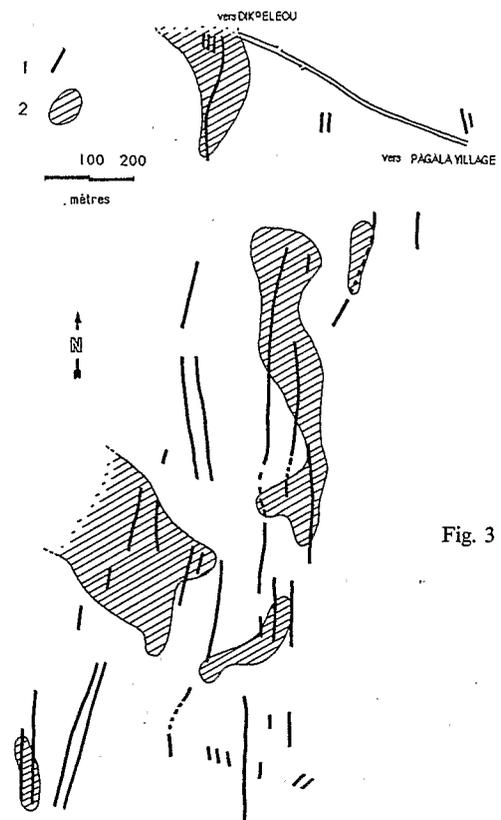


Fig. 3

Cependant tous les éléments anormaux ne le sont pas forcément ensemble ce qui interroge sur l'unicité du mécanisme de mise en place : les différentes associations géochimiques peuvent témoigner de différents voies ou de divers degrés d'évolution d'un seul mécanisme.

L'ensemble de ces caractères exclut toute confusion de ces formations ferrugineuses avec les minéralisations oxydées primaires et avec les cuirasses latéritiques : il s'agit de *chapeaux de fer* à minéralisation complexe mais surtout *riches en zinc*, dont l'abondance et l'organisation en bancs posent des problèmes spécifiques d'interprétation. L'origine de la formation de ces corps reste à définir dans l'altération d'une série précambrienne volcanosédimentaire métamorphisée et tectonisée.

Note remise le 17 avril 1989, acceptée le 25 mai 1989.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] P. AFFATON, *Trav. lab. sc. Terre*, Marseille, Saint-Jérôme, 1975, B, n° 10.
- [2] B. BESSOLES et R. TROMPETTE, *Mém. B.R.G.M.*, Orléans, n° 92, 1980.
- [3] P. AFFATON, *Thèse*, Marseille, Saint-Jérôme, 1987, 470 p.
- [4] J. COLONNA-CIMERA, *Ind. et trav. d'Outre Mer*, Paris, 1960.
- [5] A. N. DEMPSTER, Rapports inédits P.N.U.D., Lomé, 1965, 1966, 1967.
- [6] J. L. LASSERRE, Rapports inédits B.R.G.M., Orléans, 1979, 1980.
- [7] S. K. PALIME, Rapport inédit B.N.R.M., Lomé, 1979.
- [8] A. BLOT, Rapports inédits O.R.S.T.O.M. Lomé, 1982 à 1987.
- [9] T. L. LAWSON, T. PRINCE AGBODJAN, K. S. GODONOU et P. ASSIH EDEOU, Rapport inédit B.N.R.M., Lomé, 1983.
- [10] K. S. GODONOU, A. AREGBA et P. ASSIH EDEOU, *Mém. B.N.R.M.*, Lomé, 1986, n° 3.
- [11] P. MAGAT et A. BLOT, Rapports inédits O.R.S.T.O.M., Lomé, 1984 et 1987.
- [12] K. A. TOGBE, *D.E.A.*, Strasbourg, 1, 1987, 29 p.
- [13] E. WILHELM et A. KOSAKEVITCH, *Bull. B.R.G.M.*, Orléans 1980, (2), II, 2-3, p. 109-140.
- [14] A. KOSAKEVITCH, *Bull. B.R.G.M.*, Orléans, 1980, (2), II, 2-3, p. 141-149.

Unité de Recherche 1 G, Centre O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay, 93143 Bondy Cedex.