



ELSEVIER

Available online at www.sciencedirect.com

SCIENCE @ DIRECT®

C. R. Geoscience 336 (2004) 1473–1480



COMPTES RENDUS

GEOSCIENCE

<http://france.elsevier.com/direct/CRAS2A/>

Géosciences de surface

Caractérisation des chapeaux de fer en milieu latéritique cuirassé

Alain Blot

IRD–Orstom, 01 BP 182, Ouagadougou, Burkina Faso

Reçu le 15 décembre 2003 ; accepté après révision le 26 juillet 2004

Disponible sur Internet le 5 novembre 2004

Présenté par Georges Pédro

Résumé

Les principes de discrimination entre les chapeaux de fer et les cuirasses latéritiques ferrugineuses reposent sur les minéraux supergènes de fer, néogènes directes reconnues des principaux minéraux sulfurés. Les caractéristiques de ces oxyhydroxydes de fer et leur association dans les roches supergènes affectent tous les aspects physiques, minéralogiques, géochimiques et cristallogénétiques. La morphologie, les faciès, les microfaciès, la constitution minéralogique, la composition géochimique et la cristallogénétique des minéraux de fer définissent les critères de distinction. En Afrique de l'Ouest, où les cuirasses latéritiques sont abondantes, la recherche de ces caractéristiques se pose en alternative aux méthodes de prospection géochimiques aveugles des sols et des alluvions. *Pour citer cet article : A. Blot, C. R. Geoscience 336 (2004).*

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Abstract

Characterization of gossans in ironcrust-bearing lateritic environments. The main discrimination criteria between the gossans and ferruginous laterites are the iron secondary minerals, well known as direct crystallization after weathering of the main sulphide minerals. The characteristics of these iron oxihydroxides and their association in supergene rocks affect all the physical, mineralogical, geochemical, and crystal-chemical aspects: morphology, facies, microfacies, mineralogical constitution, geochemical composition and iron oxide/hydroxide crystal chemistry give thus distinction criteria. In West Africa, where lateritic iron crusts are abundant, the research of the above characteristics could be an alternative method to the classical blind-soil and alluvial-sediment geochemical prospecting. *To cite this article: A. Blot, C. R. Geoscience 336 (2004).*

© 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.

Mots-clés : climat tropical ; latérite ; chapeau de fer ; faciès ; minéralogie ; géochimie

Keywords : tropical climate; laterite; gossans; facies; mineralogy; geochemistry

Adresse e-mail : blota@ird.bf (A. Blot).

1631-0713/\$ – see front matter © 2004 Académie des sciences. Publié par Elsevier SAS. Tous droits réservés.
doi:10.1016/j.crte.2004.07.008

Abridged English version

1. Rules and realities of tropical weathering of sulphidic mineralisations

Lateritic ironcrusts and gossans are relict supergene ferruginous rocks, the discrimination of which is difficult [22]. As ironcrusts prevail in the landscape like in West Africa, one remains in suspense everywhere.

Consequently, there is a problem for identifying and investigating gossans. The principle of distinction lies on the lithodependence of weathering products and ferruginisations, mineralisations being special rocks [4,7,8,16,20,27]. Distinctive criteria for gossans developed in ironcrust-bearing environments were established from studies in Togo, Burkina, Brazil and from other well-known examples [3,5,6,10–15,17,18,21,26].

2. Morphology of outcrops

Sizes and forms of supergene rocks are initially dependent on volume, morphology and composition of weathered and transformed parent rocks. Gossans are small, frequently oriented ferruginous bodies [3,5,10,22], mapped to 1:1000 to 1:10 000.

Lateritic ironcrusts develop on plateaus, levelled surfaces, pediments, mapped to 1:50 000 to 1:200 000, and their morphology is frequently lithodependent [7,16,27].

3. Macroscopic facies and microstructures

Gossans are characterized by juxtaposition of several facies on a same ferruginous outcrop [3,5,25]: for example, shaly, gritty, massive, scoriaceous, brecciated, onion-like facies. . .

Specific microstructures are pseudomorphic ferruginous replica figures of sulphides and secondary metallic minerals (carbonates, sulphates. . .) [2,14,25].

However, goethite can develop its peculiar crystalline forms (matting, rosettes, mamelons or spherules) without clear pseudomorphoses.

The facies of ironcrusts characteristic of outcrops are massive, alveolar, gritty, nodular, pseudo-conglomeratic or pisolitic and lithodependent [1,9,16,27].

4. Chemical composition and geochemistry

It is the geochemical domain that is the most explored in inspections as well as during modern studies on gossans [10,11,14,23,26], tropical weathering zones being excluded.

Gossans' composition is characterized by more than 95% SiO₂, Fe₂O₃, and H₂O (Table 1). According to the origin and evolution, Zn, Cu, Pb, As, P, S, Ba, Ag, Ni contents are high and heterogeneous.

Ironcrusts' composition is characterized by more than SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, H₂O (Table 1). The typical accessory elements are Cr, V, Zr and Ti.

The SiO₂–Al₂O₃–Fe₂O₃ ternary diagram (Fig. 1) differentiates correctly the two formations. Moreover, significant Al, Cr, Zr, V and Ti contents are typical of lateritic ironcrusts (Table 1).

5. Mineralogical composition, role of iron oxihydroxides and weathering minerals

Gossans typical of tropical zones are exclusively composed of iron and manganese oxihydroxides and quartz, without any other secondary mineral [3,5,25]. In other climatic zones, the mineralogical composition is larger [10,18,23,26]. Non-bauxitic ironcrusts are mixtures of goethite, hematite, kaolinite, and quartz. The presence of clays is typical of ironcrust formation (Table 2).

Gossans and lateritic ironcrusts are weathering horizons with vertical zonality of their characteristics and components [16,22]. The profile sections are unambiguously silicated in the case of lateritic profiles, mixed in the case of sulphide weathering.

Goethite is the prevailing mineral of gossans (Table 2), in which Si is always present together with other elements, such as Al, Zn, Cu, Ni, Pb, S, P, As (Table 3) trapped in haematites and goethites. Al is frequently trapped in haematites and goethites of lateritic ironcrusts [9,16], whilst the other elements are found close to mineralisations [9,11,19].

6. From juxtaposition to confusion of both formations

Without a minimum of observations, there are frequent confusions between the different facies [22], or diagnostic errors [3,5,14,26].

Gossans display numerous features of similarity with sedimentary, magmatic and filonian ferruginous primary mineralisations, as well as with ironcrusts on ultrabasites, discriminated by specific elements such as Ni, Cr, Co.

Between the impossibility [22] and the obviousness of the characterization of gossans in ironcrust-bearing environments, there are intermediary states. Ironcrusts close to mineralisations display special features [1,9,19,24]. Facies of ironcrusts, with total or hair-like enrichment goethite, or ironcrusts with detrital aspect, including blocks of gossans [1,3,5,6,15,19] likely give evidence of unknown or scattered mineralisations.

7. Conclusion

Superimposition of tropical weathering upon sulphides' alteration leads to results that set some problems, only partially solved.

The criteria here defined permit a differential diagnose of gossans as compared to lateritic ironcrusts.

By means of iron oxihydroxides preserved in tropical environments, gossan remains a useful guide for direct access to mineralisations (Table 4).

In West Africa, such criteria permitted me to give some metallogenic interest to the eastern border of Volta Basin, Togo [5], and to the border of the Taoudeni Basin, northern Burkina.

1. Principes et réalités de l'altération tropicale des minéralisations sulfurées

En Afrique tropicale, les cuirasses latéritiques sont un des éléments majeurs des paysages et des affleurements. Cette domination est un problème pour l'identification des formations ferrugineuses d'origine et de nature différentes. C'est notamment un des obstacles à la recherche des chapeaux de fer [22].

2. Définitions

Les cuirasses latéritiques et les chapeaux de fer sont des roches ferrugineuses supergènes résiduelles. La cuirasse latéritique est issue de l'altération climatique tropicale de nombreux types de roches parentales, où

les minéraux ferrifères sont souvent des silicates ferromagnésiens [20]. Le chapeau de fer est issu de l'altération de roches particulières, de diverses origines, à forte concentration de minéraux sulfurés ou carbonatés, notamment ferrifères, quel que soit le domaine climatique ; le terme de gossan, fréquent dans les références, est utilisé comme synonyme [10,13,22,23].

La classification des roches ferrugineuses, génétique, est simple dans son principe [10,23], mais les incertitudes sont fréquentes [11,21]. Les roches climatiques tropicales ont une place dans cette classification, avec la particularité de genèse de roches ferrugineuses, dans un contexte d'altérations puissantes, et l'Afrique de l'Ouest en est la région la plus typique [5]. Cependant, comme les produits d'altération, cuirassés ou non, sont fortement dépendants de la nature de la roche [4,7,8,16,27], il peut être admis que les minéralisations sont des roches particulières, avec des altérations spécifiques.

Les critères de la reconnaissance et de l'identification des chapeaux de fer en milieu cuirassé qui sont proposés ici ont été établis à partir d'études réalisées au Togo [3,5,6,17,25]. Ils ont été vérifiés dans les altérations de mines au Brésil [12,18] et comparés à des exemples connus ailleurs [10,11,14,23]. Ces critères ont été appliqués au Burkina sur des exemples connus et en tant que méthode de prospection [3,15]. Les exceptions et les confusions possibles pour chacun des critères seront regroupées après les définitions.

3. Morphologie des affleurements

Les dimensions et les formes des roches supergènes dépendent initialement du volume, de la morphologie et de la composition des roches parentales altérées et transformées.

Les chapeaux de fer apparaissent à l'image, plus ou moins fidèle, de la roche minéralisée dont ils sont issus, en corps lenticulaires plus ou moins bien délimités, continus ou non, présentant fréquemment une orientation préférentielle [22]. Les corps ferrugineux sont petits, décimétriques à hectométriques [3,5,10], pouvant être limités à quelques blocs, et leur cartographie s'effectue le plus souvent de 1:1000 à 1:10 000. Les blocs indépendants, sans rattachement évident à une minéralisation, sont une dégradation d'un affleurement antérieur.

Pour les cuirasses ferrugineuses, les appellations de plateau, de surface, de glacis sont les plus souvent employées, avec des échelles de cartographie de 1:50 000 à 1:200 000, à la dimension des formations parentales. En même temps, la morphologie de la cuirasse est en grande partie dépendante de la nature de la roche [7, 16,27]. La dégradation des cuirasses se marque par une division en blocs dispersés et en gravillons [16].

4. Faciès macroscopiques et microstructures

Les chapeaux de fer se caractérisent par la juxtaposition de plusieurs faciès sur un même affleurement ferrugineux [3,5,25]. Certains sont des ferruginisations de roches conservant orientations, textures et structures : faciès schistosés, faciès gréseux. D'autres faciès, massifs ou scoriacés, conservent plus ou moins la texture du corps minéralisé. Enfin, les faciès, en « pelure d'oignon » ou massifs, ou encore pseudo-bréchiques, échappent à l'héritage et s'expriment par des remobilisations contraintes par le milieu où elles se développent. Ces roches ferrugineuses, avec ou sans manganèse, sont accompagnées de roches profondément altérées, argilifiées, décolorées ou avec des teintes vives variées, et vidées de leurs minéraux primaires. Cet ensemble se traduit sur l'affleurement par de brutales variations de couleur, de densité, de porosité et de contenu chimique et minéralogique.

Les microstructures spécifiques sont les figures de réplique ferrugineuses pseudomorphiques des sulfures et des minéraux métalliques secondaires (carbonates, ...) [2,14,25]. C'est le critère de reconnaissance le plus direct à toutes les étapes de l'altération des roches sulfurées, c'est aussi le plus ancien critère utilisé [2, 13,14]. Ces figures sont diluées ou concentrées suivant le type de minerai, mais elles peuvent aussi être effacées par la dynamique propre à la cristallogénèse des oxyhydroxydes de fer. Cependant, la goëthite peut développer ses propres formes cristallines (feutrage, rosettes, sphérules ou mamelons), sans pseudomorphoses nettes.

Les faciès des cuirasses sont massifs, alvéolaires, gravillonnaires, nodulaires, pseudo-conglomératiques ou pisolitiques [1,9,16], et varient relativement peu sur un même affleurement. Le rattachement direct du faciès à une roche parentale est rarement aisé, sauf quand des traits spécifiques sont conservés ou déve-

loppés [27] avec des minéraux résiduels ou néogénétiques, des textures ou des colorations typiques (cuirasse granitique, gréseuse, sur roches ultrabasiques, sur jaspe, sur gondite, présence d'une schistosité...). Dans les cuirasses latéritiques, on évoque plutôt des fantômes de minéraux que des figures de remplacement.

5. Composition chimique et géochimie

C'est le domaine géochimique qui a été le plus exploré, aussi bien dans les prospections que dans les travaux récents sur les chapeaux de fer, à l'exclusion du cadre tropical [10,11,14,23,26].

Les chapeaux de fer sont composés à plus de 95 % de SiO_2 , Fe_2O_3 et H_2O (Tableau 1). La richesse en

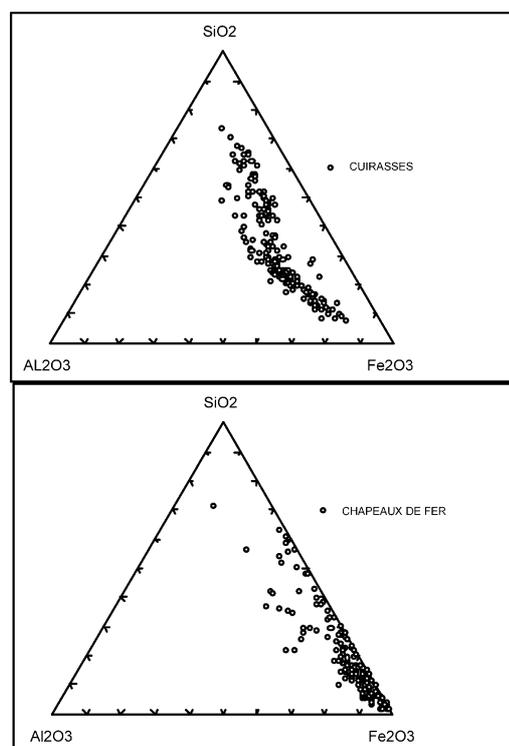


Fig. 1. Composition triangulaire comparée de cuirasses latéritiques non bauxitiques d'Afrique de l'Ouest ($n = 188$) et de chapeaux de fer du Brésil, du Togo et du Burkina ($n = 156$).

Fig. 1. Comparison between ternary compositions of non-bauxitic lateritic duricrusts from West Africa ($n = 188$) and gossans from Brazil, Togo and Burkina ($n = 156$).

Tableau 1

Compositions comparées d'un chapeau de fer et d'une cuirasse en Afrique de l'Ouest. 1 = moyenne ; 2 = écart type ; 3 = coefficient de variation (%). Chapeau de fer de Pagala (Togo), $n = 114$ sur $0,5 \text{ km}^2$ [17,25] ; cuirasse du plateau de Gaoua (Burkina), $n = 98$ sur 50 km^2 [9]. Analyses : Centre de géochimie de la surface (CNRS) de Strasbourg

Table 1

Comparison between the composition of a gossan and a lateritic duricrust from West Africa. 1 = average; 2 = standard deviation; 3 = coefficient of variation (%). Gossan from Pagala (Togo), $n = 114$ over $0,5 \text{ km}^2$ [17,25]; plateau lateritic duricrust from Gaoua (Burkina), $n = 98$ over 50 km^2 [9]. Assays from the 'Centre de géochimie de la surface (CNRS) de Strasbourg'

Chapeau de fer									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF
1	16,70	3,22	67,73	1,10	0,08	0,06	0,11	0,47	8,81
2	14,93	1,83	13,63	2,03	0,12	0,04	0,08	0,37	2,56
3	89	57	20	184	151	66	71	80	29
	Ba	Co	Ni	Zn	Cu	Sr	Cr	V	Zr
1	1679	109	187	2815	61	16	35	55	56
2	2510	104	141	3301	60	27	27	38	26
3	149	95	75	117	99	173	79	69	46
Cuirasse latéritique									
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	CaO	Na ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	PF
1	31,93	12,93	43,66	0,19	0,20	0,06	0,60	0,34	9,41
2	8,64	3,01	6,12	0,18	0,02	0,03	0,10	0,12	1,20
3	27	23	14	95	10	50	17	35	13
	Ba	Co	Ni	Zn	Cu	Sr	Cr	V	Zr
1	209	44	54	45	117	19	347	746	252
2	238	27	53	19	45	7	93	158	50
3	114	63	100	42	38	36	27	21	20

fer est extrême par rapport à tous les autres éléments, silice à part. Suivant la nature de la minéralisation altérée, les teneurs sont fortes en un ou plusieurs éléments comme Zn, Cu, Pb, As, P, S, Ba, Ag, Ni... En même temps, l'hétérogénéité se traduit par une grande variabilité des teneurs (coefficient de variation élevé), qui explique les problèmes de représentativité de l'échantillonnage.

Les cuirasses sont composées à plus de 95 % de SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ et H₂O (Tableau 1). L'alumine y est toujours bien représentée. Les éléments accessoires typiques sont Cr, Zr et Ti, provenant de minéraux résistants et V, accompagnateur de fer issu des silicates ferromagnésiens. Les variations de composition dans une cuirasse sont faibles (coefficient de variation faible).

La distinction entre la composition des cuirasses et des chapeaux de fer est bien exprimée par le diagramme triangulaire SiO₂-Al₂O₃-Fe₂O₃ (Fig. 1). De manière complémentaire, des teneurs bien marquées

en Al, Cr, Zr, V et Ti sont typiques des cuirasses latéritiques, alors que tous les autres éléments traces caractérisent les chapeaux de fer (Tableau 1).

6. Constitution minéralogique, rôle des oxyhydroxydes de fer et cortège d'altération

Les chapeaux de fer matures sont de constitution simple, avec surtout des oxydes et hydroxydes de fer et éventuellement de manganèse, du quartz et peu ou pas d'argiles [5]. Aucun autre minéral supergène n'a été reconnu dans les exemples ouest-africains [5,8,25]. Dans les régions à climats moins agressifs, comme en Arabie [23] et au Brésil [18], d'autres minéraux secondaires sont toujours associés aux oxyhydroxydes (sulfates, carbonates, arsénates, phosphates...).

Les cuirasses latéritiques non bauxitiques sont, quant à elles, un mélange intime de goëthite, d'hématite, de kaolinite et de quartz, avec des minéraux

Tableau 2

Constitution minéralogique moyenne pondérale (%) de chapeaux de fer de Pagala et d'une cuirasse de Gaoua [9,25]. (*m*) calculée d'après les analyses thermiques et de composition chimique (*v* = min–max), (*m*^{*}) d'après les analyses de diffraction des RX et de composition chimique (σ = écart type)

Table 2

Average mineralogical compositions (in % weight) of Pagala gossans and lateritic duricrust from Gaoua [9,25]. (*m*) computed according to thermal analysis and chemical composition (*v* = min–max), (*m*^{*}) computed according to X-ray diffraction analysis and chemical composition (σ = standard deviation)

	Chapeau de fer		Cuirasse	
	<i>m</i>	<i>v</i>	<i>m</i> [*]	σ
Quartz	12		21	12
Kaolinite	3		28	8
Hématite	21	0–63	18	7
Gœthite	57	24–83	34	8
Gibbsite	nd		tr	
Micas	7		abs	

mineurs résiduels (ilménite, rutile, anatase, zircon, chromite) et néogénétiques (gibbsite).

La présence d'argile en association intime avec les oxyhydroxydes apparaît donc comme le critère propre au cuirassement latéritique (Tableau 2).

Les chapeaux de fer et les cuirasses latéritiques sont des horizons qui s'expriment dans une zonalité verticale des propriétés et des constituants. Les horizons intermédiaires sont complexes, à carbonates, sulfophosphates, oxydes... pour les altérations de minerais, simples, silicatés et hydroxylés pour les altérations latéritiques [16,22]. Les coupes devraient être sans ambiguïté pour finaliser le diagnostic, mais il est peu probable que les horizons secondaires d'altération des sulfures soient conservés, en raison des conditions de l'altération tropicale. La seule certitude est le maintien des blocs holoferrugineux superficiels, organisés ou non.

Dans les chapeaux de fer, la gœthite est le minéral le plus abondant (Tableau 2), avec Si toujours présent et des teneurs élevées fréquentes en Al, Zn, Cu, Ni, Pb, S, P, As... (Tableau 3). Ces teneurs élevées peuvent relever de pièges spécifiques dans des minéraux secondaires associés, mais ils sont inexistant dans les exemples africains. La gœthite, et dans une moindre mesure l'hématite, est le plus fréquemment le piège exclusif des éléments typiques de la minéralisation. La forme du piégeage est quelque fois mise en évi-

dence, avec l'aluminium substitué dans les hématites et gœthites, le nickel et le cuivre structuraux dans les gœthites [12,15].

Dans les cuirasses, seuls les piégeages d'aluminium sont bien connus [9,16], alors que les autres métaux sont trop dilués pour que leur localisation soit définie. Bien entendu, il y a des exceptions dans certaines conditions de minéralisations dispersées ou de proximité de minéralisations [9,11,19].

7. Les principales confusions des critères reconnus

Les confusions de faciès sont fréquentes, car tout ce qui est ferrugineux à l'affleurement, sous climat tropical, est quasi automatiquement considéré comme cuirasse sans investigations complémentaires [22].

Cependant, de vraies confusions restent possibles, en ne prenant en compte qu'une partie des critères définis. Les roches ferrugineuses sédimentaires ou magmatiques, en bancs ou en filons, altérées à l'affleurement, sont les formations qui peuvent être le plus facilement confondues avec les chapeaux de fer, dans la morphologie des affleurements, dans la grande simplicité des compositions chimiques et constitutions minéralogiques et avec certains faciès. Les cuirasses sur roches ultrabasiqes présentent, pour leur part, la majorité des critères définis comme caractéristiques des chapeaux de fer, y compris de fortes teneurs en éléments traces, qui sont ici spécifiques, Ni, Cr, Co.

Les formations ferrugineuses continentales, molasses et Continental terminal par exemple, peuvent avoir une morphologie proche de celle des cuirasses latéritiques, mais aucun autre critère ne peut être retenu.

Les confusions les plus délicates se situent aux marges de la coexistence des cuirasses et des chapeaux de fer avec l'altération des faciès peu minéralisés, des épontes de la minéralisation et de sa gangue. Enfin, les cuirasses de proximité de minéralisations peuvent inclure, de différentes manières, des éléments de ces minéralisations [1,19,24].

La superposition de l'altération de corps sulfurés et de l'altération tropicale a pu être observée sous deux aspects différents, au Togo [5,6] et au Burkina [1,3,15,19], avec des cuirasses ferrugineuses d'allure détritrique à blocs riches en gœthite, ou avec des variations latérales de puissance et de constitution de la cuirasse [3,6,15]. Les blocs sont à faciès massifs ou scoriacés,

Tableau 3

Charge minérale des goëthites de différents types de minéralisations : Pagala Zn–Ba, Canoas Pb–Zn–Ba, O’Toole Ni–Cu–Pge, Iréce Pb–Zn–P. 1, Présence (%) des éléments dans la goëthite ; 2, composition moyenne atomique des goëthites

Table 3

Mineral load of goethites from different types of mineralisations: Pagala Zn–Ba, Canoas Pb–Zn–Ba, O’Toole Ni–Cu–Pge, Iréce Pb–Zn–P: 1, elements in goethites; 2, average atomic composition of goethites

1 – Présence des éléments dans les goëthites (%)										
	Si	Al	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	S	As	P
Pagala	99	90	88	88	54	33		76		69
Canoas	100	91	0	64	71	0	0	63	43	46
O’Toole	99	55	17	0	0	23	59	89	0	0
Iréce	100	67	0	74	54	15	0	74	73	76

2 – Charge moyenne atomique des goëthites											
	Si	Al	Mn	Zn	Pb	Cu	Ni	S	As	P	Fe
Pagala	0,95	0,21	0,31	0,29	0,03	0,02		0,15		0,06	34,37
Canoas	2,35	0,95	0	0,33	0,27	0	0	0,41	0,09	0,07	34,48
O’Toole	3,27	0,28	0,21	0	0	0,07	0,63	0,34	0	0	34,33
Iréce	1,52	0,57	0	0,41	0,06	0,01	0	0,41	0,49	0,38	35,54

Tableau 4

Caractéristiques schématiques des critères de discrimination des chapeaux de fer en milieu cuirassé ferrugineux

Table 4

Schematic characteristics of discrimination criteria of gossans in ferruginous lateritic environment

	Cuirasse latéritique Fe	Chapeau de fer
Morphologie	surface cartographiable	corps minces et allongés
Faciès	relativement homogènes sur un site	variés sur un même site
Microtexture	effacement des textures minérales	figures de réplique des minéraux primaires et forte recristallisation de la goëthite
Composition chimique	dominée par Fe, Al et Si ; éléments traces : V, Cr, Ti, Zr	dominée par Fe et Si importance des éléments traces Cu, Pb, Zn, Ni, As, Mo... .
Minéralogie	le plus souvent ternaire : goëthite, kaolinite, quartz	le plus souvent binaire : goëthite, quartz
Composition de la goëthite	substitution fréquente en Al	fixation des éléments traces à l’intérieur ou hors du réseau
Cortège d’altération	zonation silicatée, oxyhydroxydée	zonation sulfatée, carbonatée, oxyhydroxydée

les variations latérales dans la cuirasse correspondent à un enrichissement en goëthite d’ensemble ou à un chevelu goëthitique évoquant une réplique de filonnets minéralisés, et il peut être noté en même temps l’absence d’aluminium et l’existence de teneurs élevées en métaux.

8. Conclusion

Le constat d’impossibilité de la distinction des chapeaux de fer en milieu cuirassé, énoncée précédem-

ment [22], reste solidement ancrée et les seuls chapeaux de fer tropicaux connus le sont où il y a eu démantèlement et érosion de la surface cuirassée [6].

Les critères qui permettent de distinguer les chapeaux de fer des cuirasses ferrugineuses ont été acquis sur des sites où la minéralisation est connue. Leur mise en évidence peut être précoce, en même temps que les observations pétrographiques et structurales qui définissent la légitimité géodynamique des minéralisations. Si un critère seul est un indicateur d’alerte, l’addition d’autres de ces critères permet de propo-

ser un diagnostic différentiel, car le chapeau de fer reste un guide direct pour l'accès aux minéralisations, conservé par les oxyhydroxydes de fer, dans les altérations tropicales (Tableau 4).

En Afrique de l'Ouest, hors des régions exploitées par la prospection minière, ces critères m'ont permis de donner un intérêt métallogénique à la bordure orientale du bassin de la Volta impliquée dans la chaîne panafricaine des Dahomeyides [5], diagnostic confirmé par la recherche minière, dont des forages à minéralisation massive de blende. Plus récemment [3], j'ai proposé une interprétation de même nature aux affleurements ferrugineux de la bordure du bassin de Taoudéni, au Nord-Burkina.

Remerciements

L'auteur remercie Jean Claude Leprun et Jean Claude Parisot pour leurs suggestions et critiques complémentaires, ainsi que Hélène Paquet pour la version anglaise.

Références

- [1] O. Bamba, L'or disséminé dans les albitites birimiennes de Larafella (Burkina Faso), évolution dans les altérites et les cuirasses ferrugineuses, thèse, université d'Aix-Marseille, 1996, 261 p.
- [2] R. Blanchard, Interpretation of leached outcrops, Nevada Bur. Min. Bull. 66 (1968) 196.
- [3] A. Blot, Signification des ferruginisations des formations néo-protérozoïques du Nord Burkina Faso (Afrique de l'Ouest), C. R. Geoscience 334 (12) (2002) 909–915.
- [4] A. Blot, J.-C. Leprun, Influence de deux roches mères de composition voisine sur les altérations et les sols. Un exemple sur le socle cristallin au Sénégal Oriental, Cah. Orstom, sér. Géol. V(1) (1973) 45–57.
- [5] A. Blot, P. Magat, Les chapeaux de fer polymétalliques à zinc du Togo (Afrique de l'Ouest), C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. II 309 (1989) 371–376.
- [6] A. Blot, P. Magat, Les chapeaux de fer du Togo, de l'affleurement à la région, in : Séminaire Orstom, Organisation et fonctionnement des altérites et des sols, Bondy, 1990, pp. 157–170.
- [7] A. Blot, J.-C. Leprun, J.-C. Pion, Originalité de l'altération et du cuirassement des dykes basiques dans le massif de granite de Saraya (Sénégal oriental), Bull. Soc. géol. France 18 (1) (1976) 45–49.
- [8] A. Blot, J.-C. Leprun, J.-C. Pion, Corrélations géochimiques entre les cuirasses ferrugineuses et les roches du socle cristallin au Sénégal et en Haute Volta. Lithodépendance et héritage géochimique, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D 286 (1978) 1331–1334.
- [9] J.-L. Boeglin, Évolutions minéralogique et géochimique des cuirasses ferrugineuses de la région de Gaoua (Burkina Faso), thèse, université de Strasbourg, 1990, 187 p.
- [10] C.R.M. Butt, R.E. Smith, Conceptual models in exploration geochemistry, J. Geochem. Explor. 12 (1980) 89–365.
- [11] L. Chauris, J. Garreau, Typologie des gisements de fer du district de Belle-Isle-en-Terre (Côtes-d'Armor, France), Chron. Rech. Min. 505 (1990) 23–31.
- [12] R.A.L. Imbernon, A. Blot, S.M.B. de Oliveira, P. Magat, Os chapéus de ferro associados ao depósito de Pb–Zn–Ag na região de Canoas, Adrianópolis (PR), Evolução geoquímica e mineralógica, Geochim. brasiliensis 13 (2) (1999) 145–161.
- [13] A. Kosakevitch, Chapeaux de fer : problème de définition et de nomenclature pratique, Bull. BRGM, sect. II (1979) 141–149.
- [14] A. Kosakevitch, 1983, Étude morphogénétique des textures de remplacement et de remplissage dans les chapeaux de fer, Rapport de fin de contrat 83SGN936MGA-BRGM, 144 p., 47 planches.
- [15] T. Lavaud, Paléo-chapeaux de fer au sein des cuirasses latéritiques : exemple du gîte nickélifère de Bonga, Burkina Faso, DESU Toulouse, 2002, 72 p.
- [16] J.-C. Leprun, Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins d'Afrique occidentale sèche. Genèse, transformations, dégradation, Sci. Géol. Mém. Strasbourg 58 (1979) 1–224.
- [17] P. Magat, A. Blot, 1987, Les chapeaux de fer du Togo. Études géologiques et géochimiques. Secteur Opoblé-Pagalá, note Orstom, Lomé, 26 p.
- [18] S.M.B. de Oliveira, A. Blot, P. Magat, O gossan de Irecê-Lapão (BA), Geochim. brasiliensis VII (2) (1993) 131–150.
- [19] J.-C. Parisot, V. Ventose, G. Grandin, P. Debat, F. Tollon, L. Millo, Dynamique de l'or et d'autres minéraux lourds dans un profil d'altération cuirassé du Burkina Faso, Afrique de l'Ouest, C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. IIA 321 (1995) 295–302.
- [20] G. Pédro, Essai sur la caractérisation géochimique des différents processus zonaux résultant de l'altération des roches superficielles (cycle alumino-silicique), C. R. Acad. Sci. Paris, Ser. D 262 (1966) 1828–1831.
- [21] G. Pouit, L'amas sulfuré à Cu (Zn) de Tambo Grande dans le Crétacé du Nord Pérou. Historique de la recherche, Chron. Rech. Min. 489 (1987) 43–49.
- [22] P. Routhier, Les gisements métallifères ; géologie et principes de recherche, 2 vols, Masson, Paris, 1963.
- [23] W.R. Ryall, G.F. Taylor, Gossan evaluation manual for use in the Kingdom of Saudi Arabia, Technical record IR-01-3, 1981, 146 p., 108 photos.
- [24] R.E. Smith, J.L. Perdrix, Pisolithic laterite geochemistry in the Golden Grove Massive Sulphide district, Western Australia, J. Geochem. Explor. 18 (1983) 131–164.
- [25] K.A. Togbé, Les chapeaux de fer du Togo. Étude pétrographique, minéralogique et géochimique, thèse, université de Poitiers, 1991, 204 p.
- [26] E. Wilhelm, A. Kosakevitch, Utilisation des chapeaux de fer comme guide de prospection, Bull. BRGM, sect. II (1979) 109–140.
- [27] H. Zeegers, J.-C. Leprun, Évolution des concepts en altérologie tropicale et conséquences potentielles pour la prospection géochimique en Afrique occidentale soudano-sahélienne, Bull. BRGM II (2–3) (1979) 229–239.