

Les chapeaux de fer du Togo, de l'affleurement à la région

Alain Blot, Philippe Magat
ORSTOM - Bondy

INTRODUCTION

Les formations ferrugineuses secondaires superficielles font partie du paysage des régions tropicales et la tentation est toujours forte devant des affleurements d'oxyhydroxydes de fer de ne pas aller au-delà d'une explication climatique plus ou moins contemporaine. C'est donc à partir d'une carrière de "latérite", ouverte pour la construction d'une nouvelle route (carrière SATOM à l'ouest de Pagala village), que les premières bases d'une autre approche des ferruginisations secondaires de l'Atacora du Togo ont pu être lancées, après quelques errements. L'ensemble des caractères propres de ces roches a permis de les considérer rapidement comme la partie superficielle oxydée de chapeaux de fer, c'est-à-dire comme un produit final d'une altération non strictement climatique, dans un milieu où l'altération climatique est et a été intense, notamment en organisant le paysage .

CARACTÉRISATION DES CHAPEAUX DE FER DU TOGO

Les chapeaux de fer de Pagala ont été définis précédemment comme des formations superficielles ferrugineuses secondaires, différant des cuirasses latéritiques par la morphologie des affleurements qui sera précisée dans les paysages et par la variété des faciès rencontrés. Leur constitution minéralogique est dominée par les oxyhydroxydes de fer, notamment par la goëthite, et leur composition géochimique est marquée par des teneurs fortes ou anormales en différents éléments plus ou moins associés : Fe, P, Mn, Zn, Ba, Pb, Cu, Ni, As...

Sur le terrain, les chapeaux de fer se présentent comme des corps d'aspect chaotique, limonitiques et indurés, de forme étirée dans les schistes, de puissance d'ordre métrique et de quelques décamètres à hectomètres d'allongement. Ils sont concordants avec la schistosité des roches d'une

série épimétamorphique regroupée sous le nom de série de Pagala, par commodité, et dont les différents termes sont :

- quartzites micacés et grès-quartzite à rares feldspaths et pyrite, à hématite plus fréquente jusqu'à des faciès d'itabirite,
- micaschistes à muscovite ou chlorite, avec ou sans grenat, avec ou sans feldspath,
- schistes micacés pouvant être carbonatés (calcschistes), carbonés (schistes graphiteux), ou albitiques, souvent pyriteux,
- roches carbonatées dont des dolomies cristallines exploitées comme marbre, assez siliceuses, à rares calcites, sidérites, rhodocrosites, micas et chlorites ; un conglomérat sidéritique à pyrite et les calcschistes complètent ce groupe ;
- phosphorites altérées en phosphates de fer et d'aluminium,
- un cortège complexe de roches d'origine magmatique, de chimisme tholéitique, est interstratifié dans les schistes au nord-ouest de Pagala. L'albitisation des micaschistes et schistes, plus largement représentée, pourrait être issue de cette activité.

Il s'agit d'une série précambrienne volcano-sédimentaire, métamorphisée et tectonisée de l'unité structurale de l'Atacora, qui est une des unités externes de la chaîne des Dahomeyides.

Le plus fréquemment, les chapeaux (ou "gossans" pour leur partie superficielle *sensu stricto*) sont intercalés dans les schistes ou les micaschistes et leurs faciès conservent les propriétés structurales de l'encaissant (schistosité...). Si l'allure "stratiforme" est la plus fréquente, certains gossans rencontrés n'ont pas une orientation bien nette dans leur environnement par exemple sur la surface ancienne où les blocs sont repris dans la carapace ou la cuirasse. Une tectonique souple postérieure à l'épisode métamorphique peut expliquer l'existence de nombreux corps sub-parallèles. Entre les principaux points d'observation de chapeaux de fer et sans recherche exhaustive, l'extension sur plus de 250 km permet d'évoquer une "province" à l'échelle de l'unité structurale de l'Atacora (figure 1).

Si l'extension des ferruginisations secondaires est très importante dans l'Atacora, il est à souligner que l'essentiel des affleurements se situe dans une aire de 100 km² environ, près de Pagala. Cette zone est originale dans le paysage de contact entre le socle et la couverture qu'il chevauche. Dans le détail de cette zone, le secteur de recherches d'Opoblé permet de préciser d'autres traits morphologiques des affleurements ferrugineux.

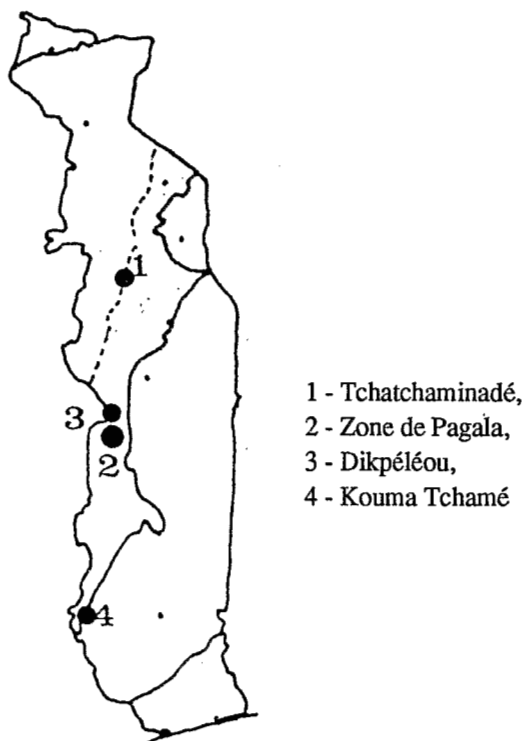


Figure 1 : Principaux points d'observation étudiés dans l'unité structurale de l'Atacora.

1 - La région de Pagala

Dans un premier inventaire, réalisé en 1983-1984, plus d'une centaine d'affleurements distincts a été repérée dont l'essentiel directement à l'ouest de Pagala village, jusqu'au rebord actuel du plateau de l'Adélé délimité par les quartzites de Kidjan (figure 2).

Au-delà, sur les surfaces anciennes, les chapeaux de fer sont discrets donc rares. L'altitude habituelle des plateaux oscille entre 650 et 700 m mais ils sont quelquefois surplombés par des reliefs réguliers et bien marqués atteignant 800 m. A l'est, dans la plaine de l'Okou développée sur le socle, et qui constitue le niveau de base du système érosif, il n'y a pas de ferruginisations apparentes ; l'altitude de la plaine va de 250 à 350 m. Au sud comme au nord, les ferruginisations deviennent discrètes, ou rares, avec un modelé

de plateau surplombant en corniche la plaine de l'Okou. Ces variations dans le paysage affectent strictement les formations de l'unité structurale de l'Atacora (ex-Atacorien sl).

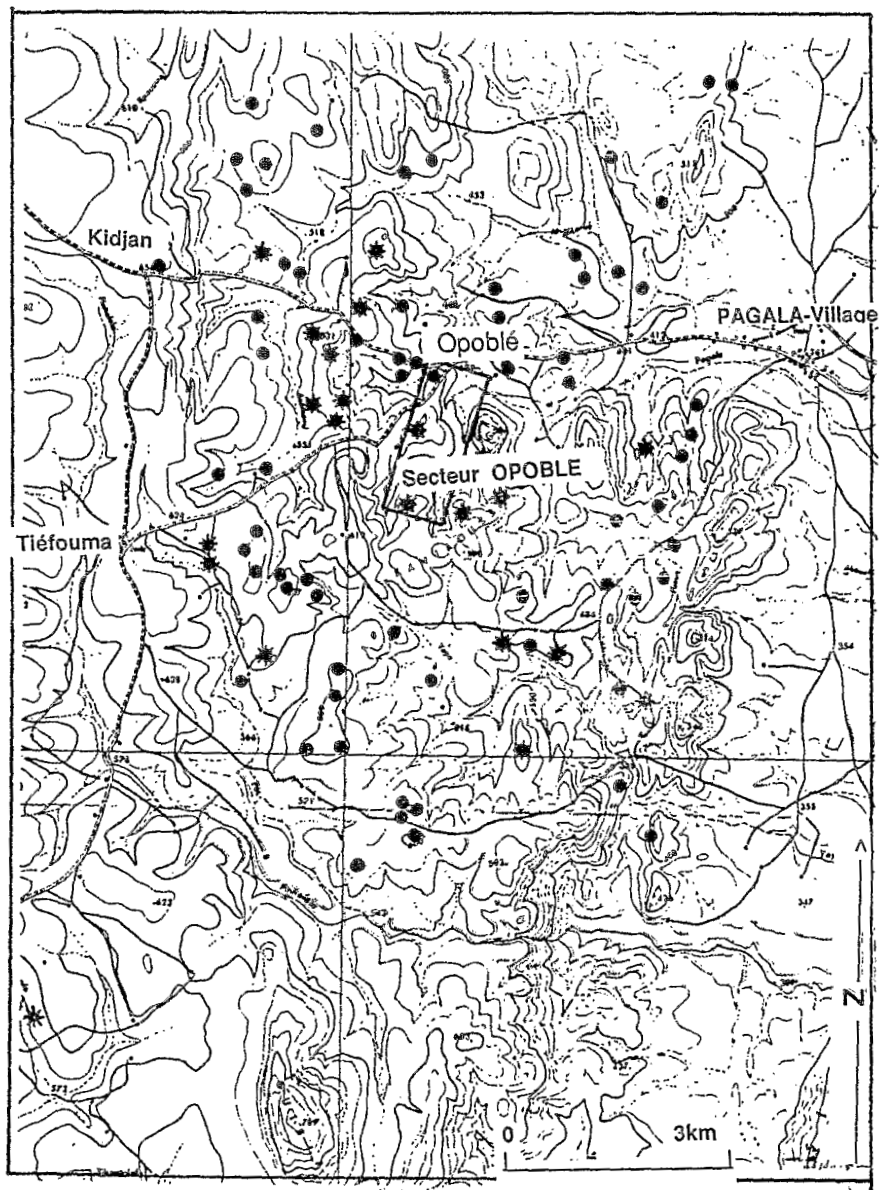


Figure 2 : Inventaire des affleurements de chapeaux de fer près de Pagala.

L'altitude des affleurements ferrugineux est fort variable à l'intérieur de ces limites, puisque surtout développés là où le versant raccordant le plateau à la plaine est le plus long (tableau 1).

Tableau 1 : Altitudes et géochimie des chapeaux de fer de la zone de Pagala (100 km²) et des affleurements ferrugineux analysés dans le détail du secteur Opoblé (2 km²). Effectifs par classe de 20 m.

ZONE DE PAGALA					SECTEUR OPOBLÉ			
Altitude maxi					570 m			
	Eff.	Zn	Pb	Ni	Eff.	Zn	Pb	Ni
660-640	1	362	-	-	0			
640-620	1	1 267	47	207	0			
620-600	7	853	42	278	0			
600-580	15	1 002	158	124	0			
580-560	13	880	132	116	5	2 187	102	105
560-540	18	1 397	54	146	14	982	69	107
520-500	8	3 719	100	505	16	1 172	84	108
500-480	5	2 987	48	275	32	2 027	67	110
480-460	5	1 146	110	136	17	2 541	128	251
460-440	4	2 065	42	193	0			
440-420	7	1 135	14	251	0			
420-400	4	859	137	74	0			
400-380	2	3 825	45	267	0			
380-360	2	1 123	88	146	0			
Altitude mini					450 m			
					280 m			

La répartition des altitudes estimées en cartographie n'est pas régulière mais l'interprétation de cette constatation est hasardeuse. Les gossans s'inscrivent donc dans un paysage tout à fait original où le raccordement entre le plateau, exprimant morphologiquement les formations d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaire de la couverture, et la plaine d'érosion, correspondant au socle, est le plus long ; il est assez progressif et fort disséqué par une érosion régressive normale au contact (figure 3, page suivante). Les gossans n'existent systématiquement qu'au sein de "l'Atacora".

Les causes du cadre géomorphologique particulier existant dans la zone de Pagala n'ont pas été recherchées pour elles-mêmes : elles peuvent éventuellement être liées à l'existence même de l'abondance des formations dont sont issus les chapeaux de fer dans ce compartiment assez bien délimité.

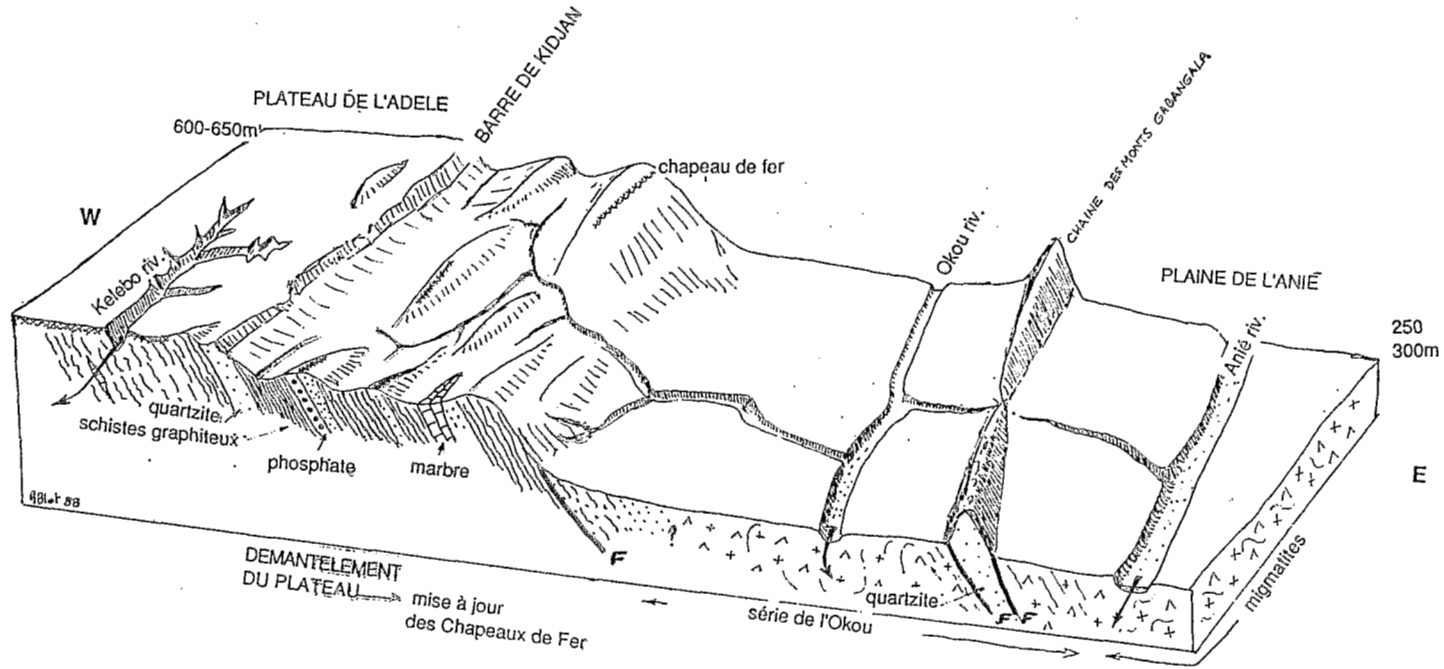


Figure 3 : Bloc diagramme de la géomorphologie de la zone à chapeaux de fer.

En résumé, il est possible de distinguer différents types de paysage dans les séries d'origine sédimentaire et volcano-sédimentaire de "l'Atacora" :

- la surface ancienne qui constitue les plateaux, avec une érosion régressive d'orientation structurale méridienne dépendant du bassin de la Volta : gossans discrets sans signe d'appel morphologique,
- le raccord avec le socle érodé en position de plaine et une érosion régressive très active orientée de l'ouest vers l'est, vers le bassin du Mono,
- versant court en corniche : gossans peu recherchés,
- versant long disséqué par un réseau dense surimposé dirigé par la plaine orientale : nombreux affleurements ferrugineux secondaires surtout sub-méridiens qui ont été reconnus comme des chapeaux de fer et qui seront précisés maintenant à une plus grande échelle.

2 - Le secteur Opoblé

Le paysage des chapeaux de fer apparaît un peu différent par une étude systématique et régulière dans un petit secteur de moins de 2 km² au centre de la zone de Pagala, parcouru suivant un layonnage orienté normalement aux directions structurales. Si les reliefs sont aussi francs que dans l'ensemble du versant, les dénivelées n'excèdent pas 120 m. Quant aux gossans, leur morphologie marque et quelquefois dirige le paysage : ils apparaissent en bancs chaotiques, plus ou moins continus. Leur position est fort variable du haut des collines au lit actuel des rivières pérennes ou temporaires : dans tous les cas, la compétence et la résistance à l'érosion induisent une ride ou un ressaut constituant l'affleurement ; dans les cours d'eau leur présence se traduit par une cascade au même titre que les quartzites et les dolomies cristallines. Les affleurements rocheux sont assez rares et principalement composés de schistes notamment en position haute au sommet des collines.

L'essentiel de la surface du terrain est composée de sols qui n'ont pas été étudiés pour eux-mêmes mais en tant qu'indicateurs géochimiques pour les éléments recherchés. Le lit des cours d'eau est vif et les alluvions peu abondantes, discontinues ; dans quelques cas, un encroûtement argilo-ferrugineux cimente des graviers de toutes natures immédiatement identifiables dans le paysage (quartz, quartzite, schiste, chapeau de fer). Les cuirassements latéritiques sont absents ici, alors qu'au dehors du secteur certains faciès de bordure des gossans en sont proches .

En résumé, à l'échelle du secteur d'Opoblé, les chapeaux de fer soulignent plus la direction générale des roches que la topographie. Sans aller au-delà de ce que l'on peut affirmer, les éléments d'une inversion de relief sont en place, ce qui sous-entend l'antériorité de l'expression des ferruginisations secondaires au paysage actuel dirigé par une érosion régressive ouest-est.

L'EXPRESSION DES SIGNES ANOMALIQUES

Les gossans sont une des formes physiques bien individualisées de l'existence d'une "anomalie" dans l'altération des roches silicatées dominantes dans les séries d'origine sédimentaire ou volcano-sédimentaire métamorphiques qui constituent "l'Atacora". Il s'agit là d'un indice complet pétrologique, minéralogique et géochimique, qui est néanmoins secondaire par rapport au protore qui lui a donné naissance.

Les autres terrains superficiels, hors des gossans et des roches qui affleurent mal, sont des sols issus d'une pédogénèse et des terrains de transports (colluvions et alluvions) issus d'une dynamique mécanique prépondérante. Ils ont, en général, une expression plus discrète des anomalies qui sont spectaculaires dans les gossans (tableau 2).

Tableau 2 : Teneurs moyennes en ppm des principaux matériaux prospectés : "chapeaux de fer", "sols", "stream-sediments"
(nombre d'éch. = n ; moyenne en ppm ; écart-type.)

	n	Ba	Pb	Zn	Cu	Ni
Stream ≠ 20 000 km ²	1698	459 244	18 12	77 46	44 21	60 33
Sols ≠ 2 km ²	429	693 514	42 20	145 139	24 6	31 14
Chapeaux ≠ 2 ha	93	793 1 182	86 86	1 777 1 506	55 69	130 110

1. Dans le contexte de versant disséqué

Ainsi que cela vient d'être rappelé, les affleurements ferrugineux secondaires sont l'expression directe de l'anomalie recherchée suivant une filiation à tout égard complexe. Les autres matériaux superficiels ne reflètent pas exactement la même chose mais portent une image de voisinage, soit dans le temps soit dans l'espace, qui traduit plus ou moins bien les mêmes anomalies, pour les mêmes éléments.

L'ensemble de la zone de Pagala, sur une centaine de km², est une anomalie pour les éléments qui font l'originalité des chapeaux de fer du Togo : abondance des gossans dont la géochimie sera précisée ultérieurement, teneurs élevées ou anormales des sols et sédiments des cours d'eau en zinc, baryum, plomb, nickel...

Dans le détail nous avons surtout regardé les relations gossans-géochimie des sols dans le secteur Oplé et essayé de trouver des guides à la réparti-

tion des teneurs dans le paysage. En carte, sont ici reportés les gossans et les fortes valeurs en Zn analysées dans les sols (figure 4), alors qu'à partir du profil de deux des layons de prélèvement (figure 5), la répartition des autres éléments montre différentes caractéristiques à relever.

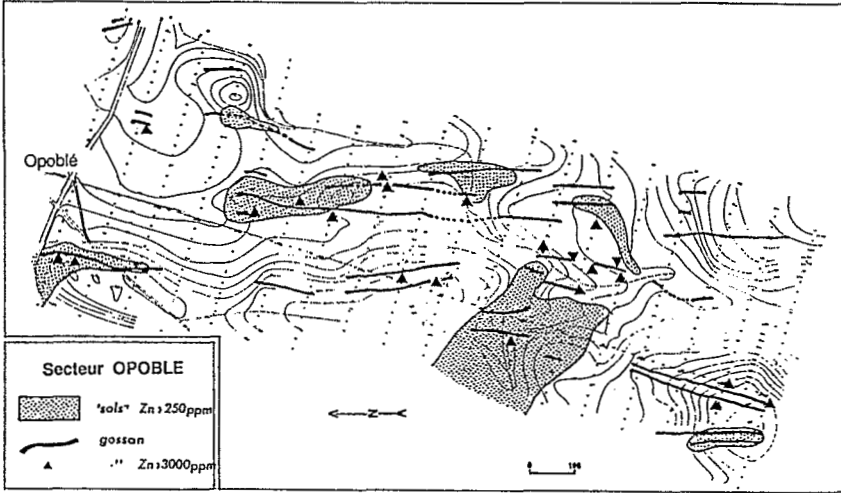


Figure 4 : Anomalies en Zn de la prospection géochimique des sols et situations des chapeaux de fer dans le secteur d'Opblé.

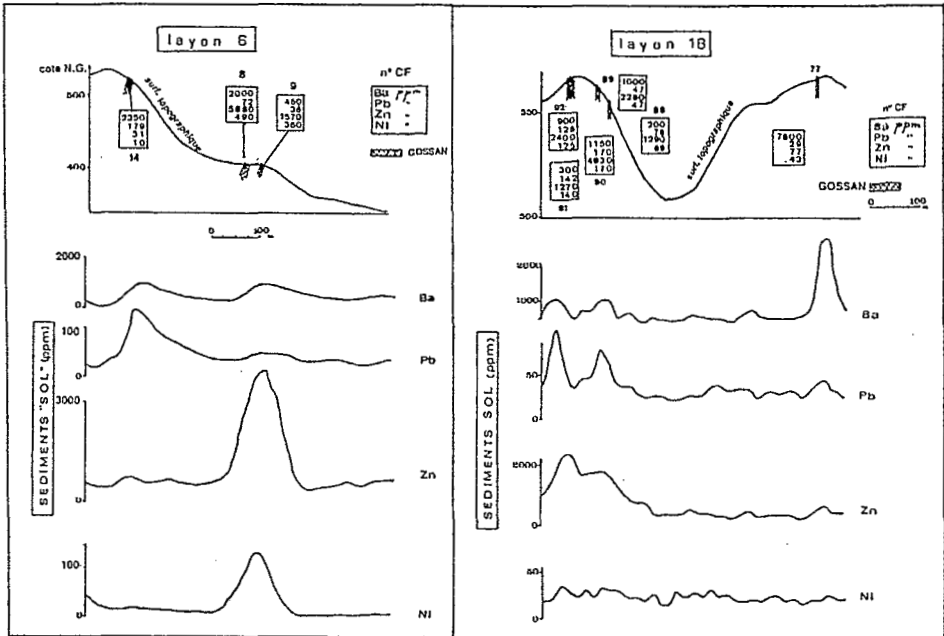


Figure 5 : Profils topographiques et de teneurs dans le secteur Opblé.

Tout d'abord, la forme des isoteneurs des différents éléments dans les sols apparaît, comme pour la forme des gossans, guidée par la direction générale des roches avec une orientation subméridienne dominante. Une deuxième observation est que les anomalies dans les sols ressemblent souvent à des anomalies de proximité des corps ferrugineux. En même temps, l'incidence de la topographie n'est pas significative et la distribution des teneurs n'est pas représentative d'un transport mécanique ou d'un effet de pente.

Enfin, et comme pour les gossans, les associations géochimiques typiques des sols de Pagala peuvent être simples (un seul élément anormal) ou complexes et témoigner ainsi de plusieurs milieux géochimiques distincts ainsi que cela est observable pour tous les matériaux et à toutes les échelles.

Tableau 3 : Les anomalies du secteur d'Opoblé associées au nickel et au plomb dans les gossans et les sols établies d'après 15 % des échantillons les plus riches en Ni et Pb : moyenne (m), écart type (sd) en ppm.

Gossan (n = 14)		Ba	Pb	Zn	Cu	Ni
Ni > 229	m	1 325	105	2 856	30	334
	sd	(1 848)	(116)	(1 489)	(21)	(96)
Pb > 167	m	1 500	248	1 480	63	152
	sd	(1 712)	(105)	(1 630)	(53)	(147)
Sols (n = 64)		Ba	Pb	Zn	Cu	Ni
Ni > 43	m	807	47	321	27	57
	sd	(478)	(22)	(252)	(7)	(15)
Pb > 58	m	1 326	80	143	28	34
	sd	(751)	(20)	(116)	(8)	(15)

Il est net dans l'exemple donné dans le tableau 3, qu'il y a une affinité marquée entre le nickel et le zinc et entre le plomb et le baryum, esquissant deux familles géochimiques, ce qui n'exclut pas des anomalies conjointes entre tous ces éléments. Cet aspect sera développé ailleurs. Remarquons aussi que le baryum est ubiquiste dans tous les types de matériaux, avec des teneurs élevées justifiant souvent une expression minéralogique spécifique.

2 - Dans le contexte de plateau

Typique de la région, ce modelé a donné son nom à une entité administrative du Togo au sud de la latitude de Pagala. Les plateaux correspondent à une vieille surface profondément altérée et portant fréquemment des carapaces et cuirasses ferrugineuses. Là, les gossans n'ont pas été recherchés

systématiquement et, lorsqu'ils ont été observés, ils apparaissent tout au plus comme des blocs d'oxyhydroxydes de fer emballés dans une cuirasse ou une carapace ferrugineuses. Là, les autres matériaux superficiels prennent évidemment plus d'importance dans la simple définition des milieux et par conséquent des anomalies : c'est un des domaines qui justifie la mise en œuvre de techniques aveugles et systématiques. Dans ce paysage les sols et les "stream sediments" présentent des anomalies de même nature que celles observées dans la zone de Pagala, mais avec des traits différents notamment en ce qui concerne leurs formes beaucoup moins guidées par la direction régionale des structures : cela ressort notamment dans le secteur de Tintchro prospecté par GODONOU (1985), à proximité d'un gossan typiquement anomalique.

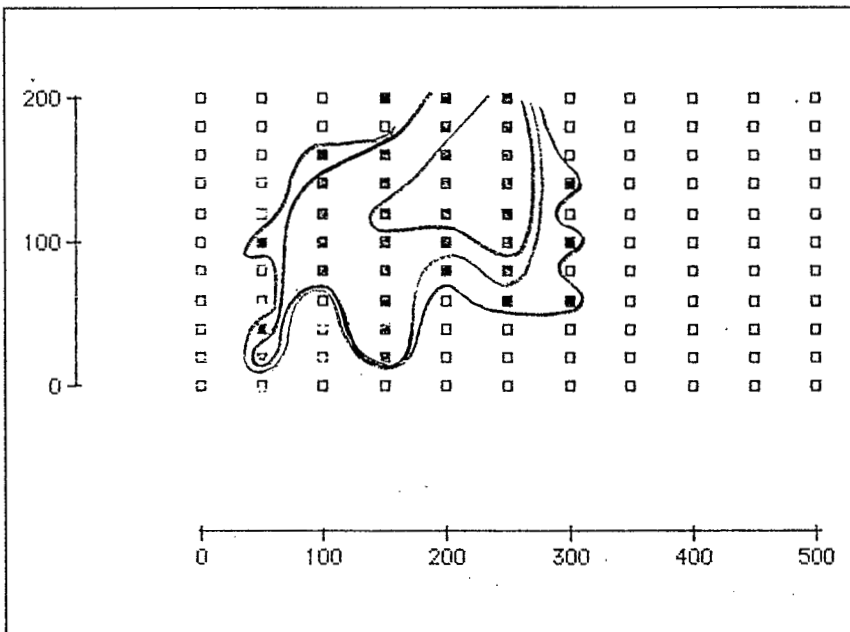


Figure 6 : Isoteneurs en Zn dans la prospection des sols du plateau de Tintchro d'après K.S. GODONOU.

Cette orientation régionale pourrait peut-être se mettre en évidence par la multiplication des prospections géochimiques des sols ou alors par une maille plus serrée dans la prospection des alluvions récentes : au mieux dans l'état actuel des travaux BRGM-BNRM (1989), les anomalies ponctuelles sont-elles orientées suivant une direction privilégiée méridienne (figure 7).

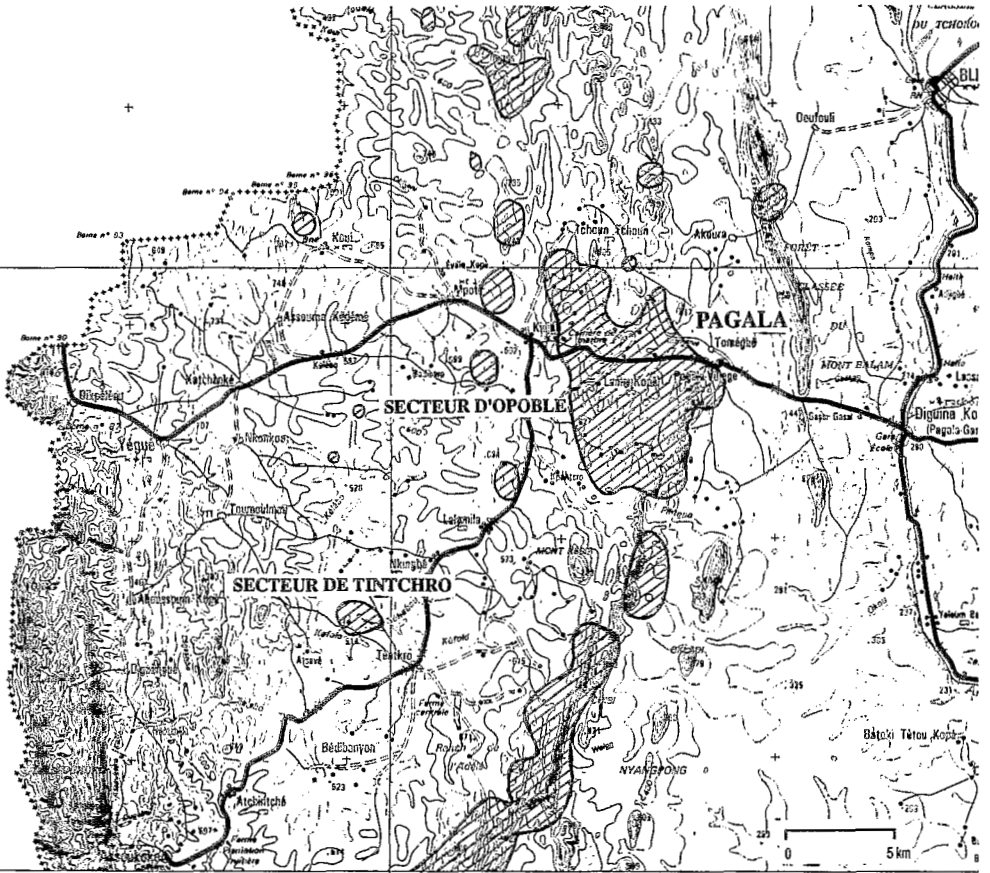


Figure 7 : Les principales anomalies régionales en Zn d'après les prospections des *stream sediments* (BRGM-BNRM).

A Tintchro, la présence d'un gossan repris par le cuirassement et l'anomalie géochimique des sols en zinc passent inaperçues à travers la maille de prélèvement des "stream sediments", ce qui rend indispensable des recherches techniques sur l'adaptation de la méthodologie à la dimension des objets connus à proximité dans le contexte de la zone de Pagala depuis 1982.

CONCLUSION

Bien que connus dans l'ensemble de l'unité structurale de l'Atacora, les chapeaux de fer sont concentrés au Togo dans une aire très limitée, la zone de Pagala, d'environ 100 km². Là, le plateau qui marque les séries précambriennes de couverture est vivement entaillé par une érosion régressive normale aux structures, suivant un raccord progressif avec la plaine du socle bénino-togolais. Ce paysage est typiquement anormalique dans la distribution d'un certain nombre d'éléments dans l'Atacora, soulignant des associations polymétalliques originales.

Tous les terrains superficiels portent une empreinte plus ou moins marquée de ces anomalies :

- une expression structurale, pétrologique, minéralogique et géochimique est représentée par les chapeaux de fer de Pagala depuis 1982-1983,
- une expression géochimique spécifique dans les sols environnants quelles que soient les conditions morphologiques, montrée en 1985,
- enfin une expression plus indirecte encore avec la mise en évidence d'une anomalie géochimique des alluvions récentes de l'Atacora, centrée sur la zone de Pagala, d'après les prospections régionales "stream sediment" de 1988-1989.

L'analyse géomorphologique montre l'importance de l'observation naturaliste des paysages à toute échelle, car elle permet de hiérarchiser les objets anormaliques et par conséquent de dégager des guides élémentaires de prospection. Cependant, les causes du cadre géomorphologique particulier existant dans la zone de Pagala n'ont pas été recherchées pour elles-mêmes : elles peuvent éventuellement être liées à l'existence même de l'abondance des formations dont sont issus les chapeaux de fer dans ce compartiment assez bien délimité.

Les paramètres supergènes sub-actuels (météoriques ou autres) peuvent être ou non déterminants en regard des conditions endogènes à l'origine de la formation de ces ferruginisations. La migration des éléments est probablement d'origine chimique, mais sa mise en évidence dépend ici du degré d'érosion et du type de prospection plus que la mobilité supposée du ou des éléments chimiques.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

WILHEM E., ZEEGERS H. - La prospection géochimique au BRGM. Geol. J. Hannover, 1984, p. 49-75.

BLOT A., MAGAT P. - Les chapeaux de fer polymétalliques à zinc du Togo (Afrique de l'Ouest). CR Acad. Sci. Paris t. 309, série II, p. 371-376, 1989.

GODONOU K.S. - Rapport de stage au BRGM, BNRM Lomé, 1985.

GODONOU K.S., AREGBA P.A., ASSIH-EDEOU P., - Mém. BNRM Lomé, 1986, n° 3.

PICOT J.C., GODONOU K.S. - Rapport de prospection 1987-1988.

TOGBE K. A., DEA Strasbourg 1, 1987, 29 p.

PLANT J. A., HALE M. , RIDGWAY J. - Developments in regional geochemistry for mineral exploration . Trans. Instn Min. Metall. (Sect. B : Appl. earth sci.) 97, 1988, B116-140.

GRANIER C. - Introduction à la prospection géochimique des gîtes métallifères . Masson éd. Paris 1973, 143 p.