

Étude minéralogique et chimique du profil d'altération du prospect aurifère de Mébaga Mvomo (Gabon)

Fabrice COLIN (1) et Paul LECOMTE (2)

Mineralogical and chemical study of the weathering profile of the gold prospect of Mébaga Mvomo (Gabon)

Mots-clés : Prospection géochimique, Or substance, Latérite, Profil sol, Puits, Altération, Ultrabasite, Gneiss, Zone équatoriale, Morphoscopie, Gabon.

Résumé

Sur le prospect aurifère de Mébaga-Mvomo (Mitzic), une étude minéralogique et chimique du profil d'altération à l'aplomb de la minéralisation a été réalisée, visant à mieux cerner le comportement des éléments chimiques et, en particulier, de l'or, en fonction de l'influence des processus d'altération. Le travail comporte l'étude détaillée d'une série de puits placés en séquence perpendiculairement à l'axe minéralisé.

Ce profil d'altération peut être divisé en trois, avec, du haut vers le bas :

- l'ensemble argilo-sableux de surface,
- l'ensemble nodulaire ferrugineux relictuel d'une cuirasse latéritique,
- l'ensemble altérite.

Deux points de vue ont été envisagés :

- a) le chimisme du profil,
 - b) le comportement de l'or.
- a) Malgré une homogénéisation et une altération de la signature chimique primaire de plus en plus marquée à mesure que l'on se rapproche de la surface, la différenciation de chaque type lithologique a pu être réalisée à partir de leurs spectres chimiques spécifiques, perceptibles jusque dans le sol : gneiss basiques, ultrabasites et lentilles siliceuses.
- b) L'or suit une évolution identique. L'étude morphoscopique et chimique a permis de démontrer le caractère primaire résiduel des particules d'or visibles tout le long du profil. Dans l'altérite, ce caractère est franc ; à mesure que l'on se rapproche de la surface, les particules héritées sont de plus en plus marquées par un émoussage et des vides de dissolution interprétés comme le résultat d'une altération chimique intense. Ce processus est à l'origine de l'élargissement du halo de dispersion et de l'homogénéisation globale des teneurs par rapport aux valeurs très ponctuelles observées dans la roche fraîche ou dans l'altérite.

Ces observations confortent la démarche de prospection utilisée actuellement dans le cadre de l'Inventaire Minier Transgabonais, pour la focalisation des cibles minéralisées.

Abstract

A mineralogical and chemical study of the weathering profile overlying the mineralisation has been conducted on the gold-bearing prospect at Mébaga-Mvomo (Mitzic), with a view to better understanding of the relationship between the behaviour of chemical elements, gold in particular, and the weathering process. The work entailed the detailed study of a sequence of pits perpendicular to the mineralised axis.

The weathering profile can be divided into three parts, from top to bottom :

- surface clayey sand,
- nodular ferruginous relicts of lateritic crust
- weathered and decayed rock.

The study concentrated on two aspects :

- a) the chemical characteristics of the profile,
 - b) the behaviour of gold.
- a) Despite the fact that homogenisation and weathering of the primary chemical signature become more marked towards the surface, each lithological type (basic gneisses, ultrabasites and siliceous lenses) can be distinguished by its specific chemical spectrum, detectable even in the soil.
- b) Gold follows an identical pattern. Microscopic and chemical studies identified the residual primary features of the gold particles visible along the entire profile. In the weathered rock these features are well defined, but towards the surface inherited particles are increasingly marked by smoothing and solution cavities, interpreted as the result of intense chemical weathering. This process leads to the widening of the dispersion halo and global homogenisation of values compared to the very localised values found in both the fresh and weathered rock.

These observations give support to the prospecting approach used for the Trans-Gabon Mineral Survey to locate mineralised targets.

1. Introduction

1.1. Objet de l'étude

En zone tropicale humide, l'exploration minière est fortement pénalisée par l'existence d'une épaisse couverture pédologique qui empêche, en dehors du réseau hydrographique et des zones à relief abrupt, tout examen direct d'affleurements.

Pour palier ce manque d'observation, le géologue prospecteur est amené à utiliser les techniques de prospection géophysiques, géochimiques et alluvionnaires.

Dans le cadre du programme décennal d'Inventaire des ressources minières des régions desservies par la voie ferrée transgabonaise, les reconnaissances régionales s'appuient sur un échantillonnage systématique de sédiments de ruisseau à la densité moyenne de 1,5 prélèvement/km².

Si la démarche générale est similaire aux programmes d'Inventaire réalisés récemment dans les pays occidentaux (Bertraneu et al., 1979 ; Wilhelm et Zeegers, 1984), une

(1) ORSTOM, Laboratoire de Pétrologie de la Surface et Géologie Dynamique, case 431, 13397 Marseille Cedex 13 (France).
(2) BRGM, BP 6009, 45060 Orléans (France).

adaptation des paramètres et des critères de sélection des anomalies à l'environnement altérologique équatorial est nécessaire.

Afin d'appréhender au mieux les processus géochimiques de dispersion des traces métalliques depuis leur habitat primaire jusque dans les horizons superficiels, milieu privilégié pour l'échantillonnage géochimique, une étude méthodologique détaillée (Colin et Lecomte, 1985) a été conduite sur le prospect aurifère de Mébaga-Mvomo en cours de reconnaissance, en tirant profit des échantillonnages géochimiques de surfaces, des puits de tarières et des sondages carottés disponibles. Cette étude s'est attachée à préciser l'évolution chimique et minéralogique des phases porteuses des métaux (et plus particulièrement de l'or) dans les différents horizons d'altération supergène. Ce sont les résultats de ce travail qui sont présentés ci-après.

1.2. Rappel du cadre altérologique du Gabon.

Dans la zone intertropicale, l'altération météorique intense provoque un épaissement important du profil sur

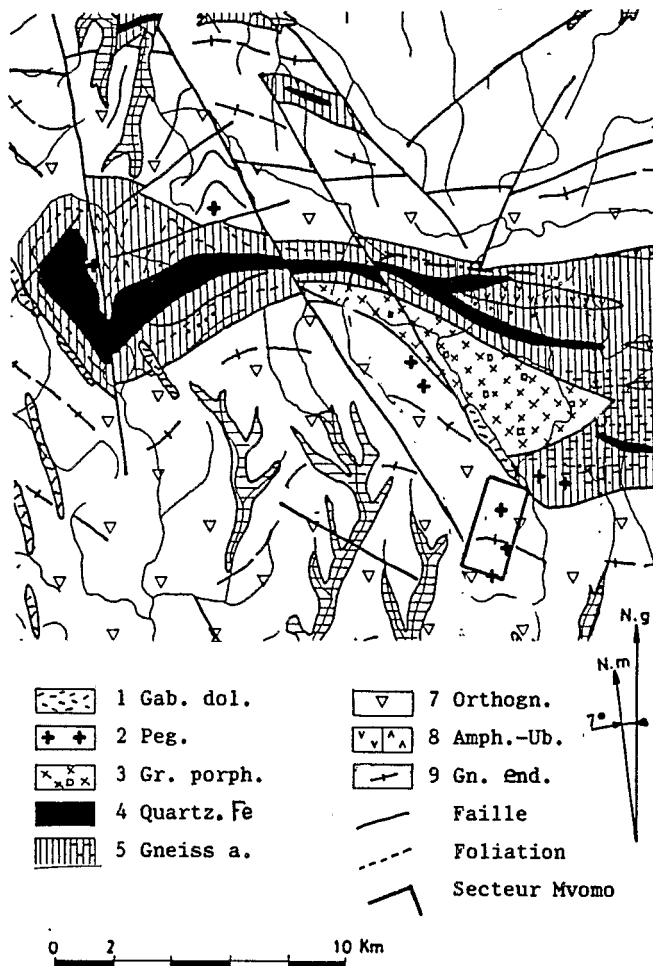


Fig. 1 - Esquisse géologique de la région de Mébaga-Mvomo (d'après Barthélémy et al., 1986).

1. Gabbros doléritiques ; 2. Pegmatites ; 3. Granite porphyrique ; 4. Quartzite ferrugineux ; 5. Gneiss avec ou sans amphiboles ; 6. Orthogneiss ; 7. Amphibolites - Ultrabasites ; 8. Gneiss enderbitiques ; 9. Gneiss enderbitiques.

plusieurs dizaines de mètres et sa différenciation en ensembles distincts (Bocquier et al., 1984 ; Ambrosi et Nahon, 1986). Ces profils peuvent évoluer sous des conditions morphoclimatiques différentes étalées dans le temps ; il en résulte alors une complexité texturale et structurale d'autant plus marquée que diverses phases altérologiques peuvent se succéder et oblitérer, dans les cas extrêmes, toute relation roche mère-altérite de surface.

Au Gabon, la diversité des situations pédologiques a bien été mise en évidence par Lecomte et al., 1985 ; Colin, 1986 ; Colin et al., 1988 ; Lecomte, 1988). Schématiquement, trois horizons peuvent être distingués. A partir de la roche mère, on observe en effet, un ensemble altérite (I), un ensemble à nodules ferrugineux et/ou cailloux de quartz (II) et un ensemble argilo-sableux de surface (III). Le niveau II est parfois appelé stone line (Vogt, 1966 ; Vincent, 1966 ; Segalen, 1969).

1.3. Le prospect de Mébaga Mvomo

Ce prospect, mis en évidence par prospection alluvionnaire (Vernhet, 1984), se superpose au sillon ferrifère archéen situé à 20 km à l'est de Mitzic, dans la province du Woleu Ntem (fig. 1) ; le secteur prospecté, couvert par la forêt primaire, présente un relief de collines en demi-orange séparées par de petites vallées à fond plat : c'est une zone de transition entre les hauts reliefs des quartzites ferrugineux du nord et les reliefs plats et marécageux du socle granitique au sud.

Les quartzites ferrugineux et itabirites sont limités au nord par des gneiss fins à biotite et/ou amphibole, des quartzites à biotite et des quartzites ferrugineux. Au sud apparaît une unité à prédominance basique où dominent des amphibolites orthodérivées et des gneiss à amphiboles (Barthélémy et al., 1986). Ces deux séries fortement redressées, sont séparées par un massif granitique leucocrate à amphiboles, intrusif dans la série ferrifère.

Dans la région du prospect sensu stricto, les gneiss sont associés à des faciès basiques constitués d'amphibolites se présentant en petits niveaux lenticulaires. Il existe également quelques ultrabasites rencontrées sous forme rétrotransformées (talcschistes et chloritoschistes) (Barthélémy et al., 1987). Enfin, le granite leucocrate apparaît sous forme de bouffées métriques à décamétriques, quartzieuses à quartzo-feldspathiques.

Suite à un resserrement des prélèvements en stream sediments confirmant l'existence de l'anomalie stratégique (fig. 2), une première campagne de prospection géochimique en sols à la maille 100 x 200 m a mis en évidence trois anomalies aurifères, s'étendant sur 5 km environ (Guyot et al., 1985 ; Barthélémy et al., 1986). Bien que de faible niveau (teneurs inférieures à 80 ppb), elles sont bien structurées, conformément à la lithologie et se superposent aux amphibolites ou gneiss à amphiboles, entrecoupés par des veines siliceuses à silico-feldspathiques métriques.

Une série de sondages à la mototarière, réalisés à la maille 100 x 5 m et, à une profondeur moyenne de 5 à 15 m a permis d'enraciner les anomalies de surface au niveau de l'altérite. Une minéralisation aurifère montrant des teneurs de plusieurs g/t (< 15 ppm) a été interceptée dans la dernière passe métrique de quelques sondages (Barthélémy et al., 1986), sur trois layons. Un doublet de sondages profonds, implanté à l'aplomb des fortes teneurs re-

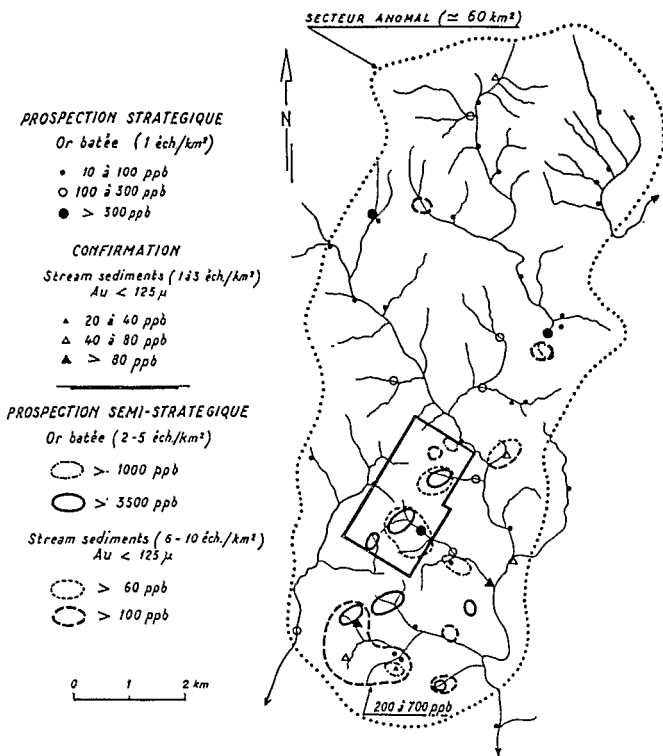


Fig. 2. - Secteur anomal de Mébaga-Mvomo ; localisation de la première grille tactique en sols et du layon 170 (d'après Lecomte et Wilhelm, 1985).

connues dans les altérites a recoupé une minéralisation aurifère disséminée, à faibles teneurs, dans les gneiss basiques ; quelques concentrations ponctuelles sont liées à des zones quartzseuses à sulfures (Barthélémy et al., 1987).

2. Étude des profils d'altération

2.1. Méthode employée

La séquence d'altération a été étudiée le long du layon n° 170 à partir de prélèvements de sondages mototarière d'une part (58) et de 7 puits d'autre part (fig. 3).

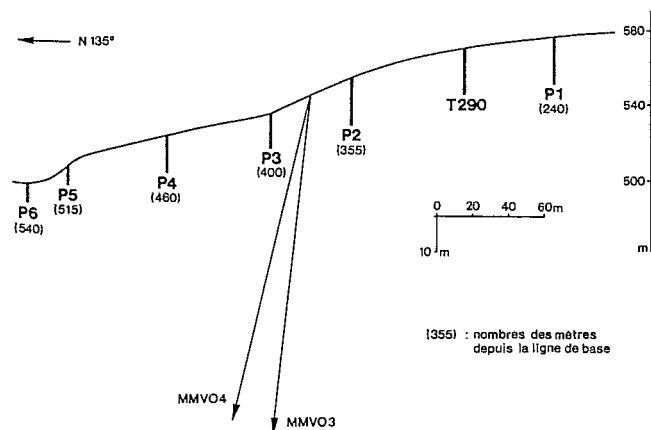


Fig. 3. - Localisation des puits étudiés et des deux sondages profonds sur la coupe du layon 170.

Puits	Horizon	N	≤ 63μ	63-125μ	125-250μ	250-500μ	> 500μ
P3	H1	8	86	3.4	4.1	2.5	3.5
	H2	2	50	3.1	4.4	4.6	38
	H3	2	63	5.6	8.4	5.5	18
P4	H1	5	82	4.3	5.7	3.4	4.5
	H2	2	52	3.5	5.5	5.0	33
	H3	2	56	6.4	8.1	5.5	24
P5	H1	2	62	8.7	12.5	9.0	8.0
	H2	1	41	4.4	7.5	7.5	37
	H3	2	40	5.3	10	15	28

Tabl. 1 - Proportions moyennes (en % poids) des différentes fractions granulométriques dans les horizons des profils d'altération des puits P3, P4 et P5 (N = nombre d'échantillons).

Pour chaque sondage tarière, seules les premières (sol) et dernières passes métriques (altérite) ont été collectées : les échantillons ont été séchés, broyés si nécessaire, puis tamisés. Les fractions granulométriques inférieures à 125 μ (sol) ou tout venant (altérite) ont été analysées par spectrométrie ICP pour 34 éléments et par spectrophotométrie d'absorption atomique pour l'or (seuil analytique de 20 ppb).

Afin d'étudier latéralement et verticalement, les évolutions minéralogiques et chimiques du profil d'altération, chaque puits a été échantillonné par passes de 50 centimètres. Pour chaque prélèvement, environ 3 kg étaient destinés à l'analyse chimique et aux analyses minéralogiques ; 32 litres de matériaux ont de même été lavés à la batée pour concentration et étude des particules d'or visibles.

Les analyses chimiques ont été faites sur cinq fractions granulométriques séparées sous eau : < 63 μm, 125-250 μm, 250-500 μm et > 500 μm ; la fraction granulométrique < 63 μm a fait l'objet d'une détermination minéralogique par diffraction de rayons X.

2.2. Description des profils pédologiques

Une coupe schématique des horizons altérologiques des puits P3, P4 et P5 est donnée sur la figure 4. Ces puits sont implantés respectivement sur un substratum quartzofeldspathique, une ultrabasite et des gneiss. Les caractéristiques des autres puits sont similaires à celles de P3.

La répartition, en fonction de la profondeur des principaux constituants minéralogiques des altérites, est schématisée au tableau 2.

Si les trois ensembles altérologiques définis ci-après sont parfaitement individualisés dans tous les puits échantillonnés, leur composition varie, dans le détail, en fonction de la nature de la roche mère sous-jacente.

On peut distinguer :

a - **L'horizon argilo-sableux** superficiel dont l'épaisseur, qui augmente avec l'altitude, varie de 1,6 à 7,5 m. Il est constitué d'une matrice argilo-sableuse ocre, à quartz anguleux, mica et nodules ferrugineux. La taille des éléments lithiques qui peut atteindre 5 mm, augmente vers le bas de l'horizon. La fraction fine, inférieure à 63 μ, représente 50 à 82 % du prélèvement ; elle est formée essentiellement de quartz, kaolinite et plus accessoirement de gibbsite, goéthite et mica.

L'horizon argilo-sableux du puits 4 (ultrabasite) est plus rougeâtre que celui des autres puits. Il se charge de nodules ferrugineux inframillimétriques dont la taille

Puits	Horiz	minéral profondeur	Q	K	G	Go	He	Mi	A	T
P1	H1	1,0m	+	+++		+++		+		
		3,0	+	+++		+++		+		
	H2	5,0	+++	+++		+++		+		
		7,0	++	+++		+++		+		
		8,0	+++	+++		+++		+	+	
	H3	9,5	++	++	+++	++		+		+
		10,5	++	++	+++	++		+		+
11,5		++	++	+++	++		+		+	
		12,5	+	+	+++	++				
P2	H1	0,4	+++	++	+	+++		+		
		3,1	+++	++	+	+++		+		
	H2	8,5	+++	++	+++	+++	+	+		
		10,3	+	+	+++	++		+		
	H3	11,0	+	+	+++	++		+		
12,0		++	+	+++	++		+		+	
P3	H1	1,0	++	+++	+	+++		+		
		3,0	+++	+++	+	+++		+		
		5,0	++	+++	+	+++		+		
		7,0	++	+++	+	+++		+		
	H2	8,0	++	++	+	+++		+		
		9,0	++	++	+	+++		+		
		9,5	++	++	+++	+++		+		
		10,5	+++	+++	+	+++		+		
P4	H1	1,3	+++	++	+	+++		+		
		3,1	+++	+++	+	+++		+		
		4,0	+++	+++	+	+++		+		
	H2	4,9	++	++	+	+++		+		
		6,0	++	++	+	+++	+	+		+
	H3	6,7	+	+	+	+++	+	+		+
		7,6	++	+	+	+++		+	+	++
8,5		+	+++	++	+++		+	+	+	
P5	H1	0,4	+++	+++	+	+		+		
		2,2	+++	+++	+	+++		+		
	H3	4,0 m	+++	+++	+	+		++		

Tabl. 2 - Résultats de la diffraction de rayons-X. (fraction inférieure à 63 μ) - Substratum : P1, P2, P3 sur gneiss ; P4 sur ultrabasite ; P5 sur quartzo-feldspathique.

Q = quartz, K = kaolinite, Gi = gibbsite, Go = goethite, He = hématite, Mi = mica, A = amphibole, T = talc, + = peu abondant, ++ = abondant, +++ = très abondant.

augmente quand on se rapproche de l'horizon d'accumulation sous-jacent.

b - L'horizon glébulaire. Sa puissance varie de 0,8 à 2,7 m. Une matrice argilo-sableuse emboîte de très nombreux fragments de quartz et des nodules ferrugineux dont la taille varie de 1 à 5 cm. Les nodules sont de type pseudopisolitique, subarrondis, goethitiques et hématitiques, vernissés ou non. Dans le puits P4, surmontant les talcschistes, les nodules laissent progressivement la place à des blocs de cuirasse centimétriques à décimétriques dans la partie médiane de l'horizon. Cette cuirasse est alvéolaire et tubulaire ; des vestiges de structure primaire y sont conservés (texture litée) ; les plasmas ferrugineux (durs) et argileux (tendres), remplissant les tubules et alvéoles, contiennent des minéraux relictuels tels que des quartz et des micas. A la base de cet horizon la taille des blocs de cuirasse diminue ; la matrice contient également des nodules centimétriques vernissés pseudopisolitiques et des plaquettes centimétriques de roches ferruginisées à texture litée.

Dans les autres puits étudiés, on observe, outre les nodules, des plaquettes indurées centimétriques résiduelles du substratum. La fraction supérieure à 500 μ des différents prélèvements de l'horizon glébulaire représente 30 à 40 % de leur poids total et la fraction meuble, inférieure à 63 μ , 40 à 50 %. Celle-ci est constituée de quartz, kaolinite et goethite avec traces de gibbsite, hématite et mica.

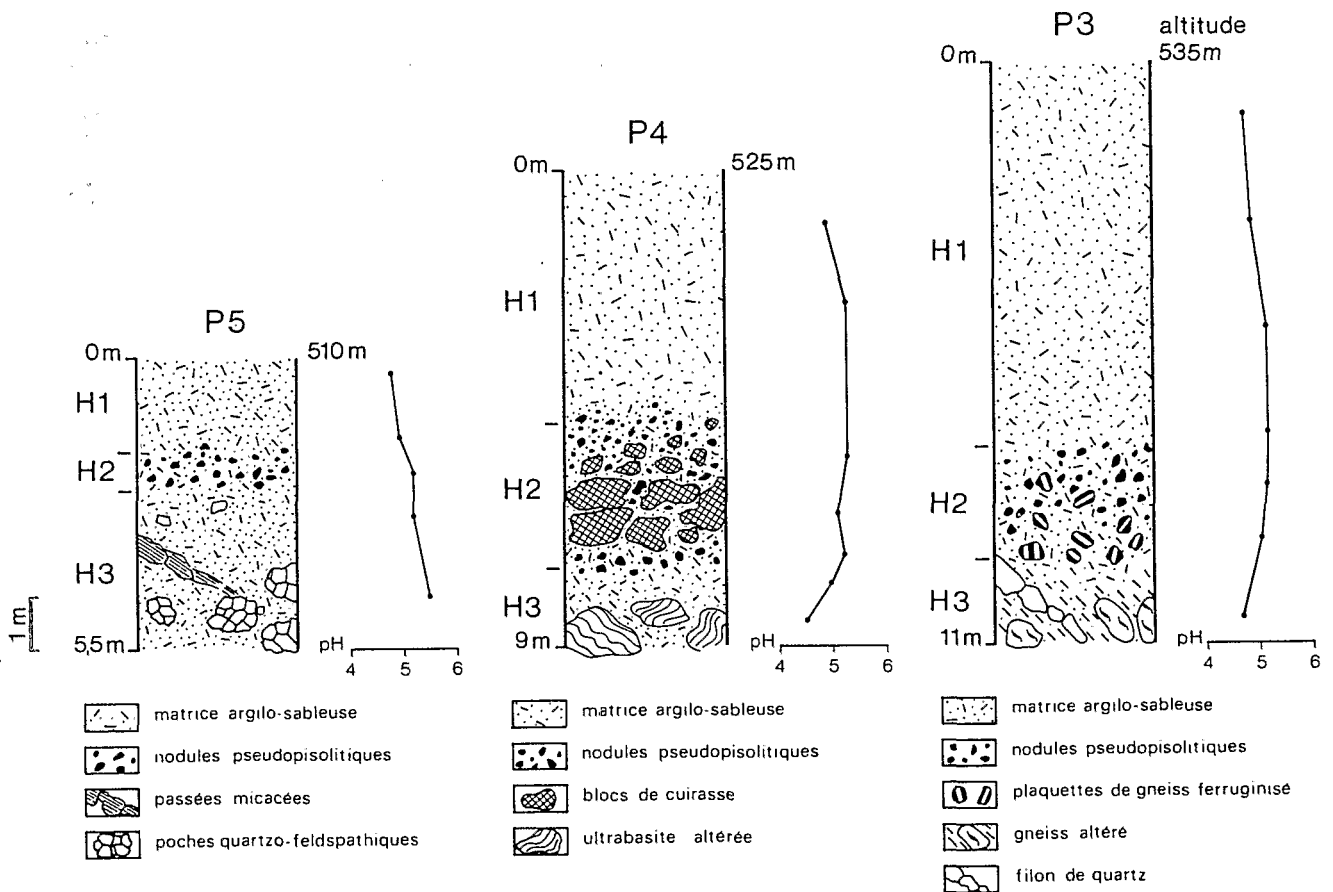


Fig. 4 - Coupe schématique des profils d'altération des puits P3, P4, P5. Représentation des valeurs du pH des matrices argilo-sableuses.

c - L'altérite. De teinte plus rougeâtre et prenant un aspect bariolé en profondeur, cet horizon englobe, dans une matrice sablo-argileuse (40 à 60 %), des fragments ou plaquettes centimétriques de roche indurée et ferruginisée de la roche mère (gneiss altérés, talcschistes...).

Ainsi, les différentes observations faites à partir des puits fournissent une première illustration des relations directes existant entre le substratum et les niveaux pédologiques qui le surmontent.

3. Résultats des analyses chimiques

3.1. Répartition de l'or

La répartition de l'or dans les sols et dans l'altérite le long du layon 170 est présentée sur la figure 5.

Dans l'altérite, les teneurs sont en général inférieures au seuil de détection, à l'exception de quelques valeurs s'échelonnant entre 100 et 400 ppb et une teneur à 10 g/t. Pour ce point, les dosages de contrôle ont toutefois montré une grande dispersion : 1800 ppb, 175 ppb et 700 ppb.

Pour les échantillons de sols, la valeur maximale obtenue est de 245 ppb mais la répartition des autres teneurs anormales est plus homogène que dans l'altérite. Il semble que les signaux très ponctuels en profondeur se diluent et s'étalent en surface où les teneurs moyennes augmentent globalement tandis que les valeurs maximales sont fortement écrêtées.

Les teneurs en or dans les puits (fraction < 63 µm) ainsi qu'en sondages (tout venant) sont présentées sur la figure 6 ; on peut y relever les faits suivants :

- la valeur à 10 g/t de l'altérite échantillonnée en sondage mototarière n'a pas été confirmée dans les prélèvements du puit P3 situé à l'emplacement de ce sondage ;
- les teneurs en puits sont peu élevées (< 145 ppb) et irrégulières) ;
- Les contenus anormaux intéressent essentiellement le manteau d'altération alors que la roche saine est stérile, à l'exception de quelques valeurs entre 105 m et 107 m de profondeur dans le sondage MMVO3 - 290, 85 et 50 ppb - (Barthélémy *et al.*, 1987) ;
- La répartition de l'or entre les différentes fractions granulométriques d'un même échantillon, est hétérogène (tabl. 3) et aucune corrélation ne peut être dégagée. Les contenus les plus élevés en or s'observent dans les fractions comprises entre 63 et 500 µm qui ne représentent par contre que 10 % environ de l'échantillon. Les teneurs en or sont fortement déprimées dans les fractions grossières (> 500 µ) et, à un degré moindre, dans les fractions fines.

3.2. Répartition des autres éléments

a) Évolution latérale

Coupe le long du layon 170

A partir du traitement statistique multivarié des données obtenues dans l'altérite, trois groupes de variables caractéristiques d'un contexte géologique différent ont été mis en évidence (Lecomte, 1988) :

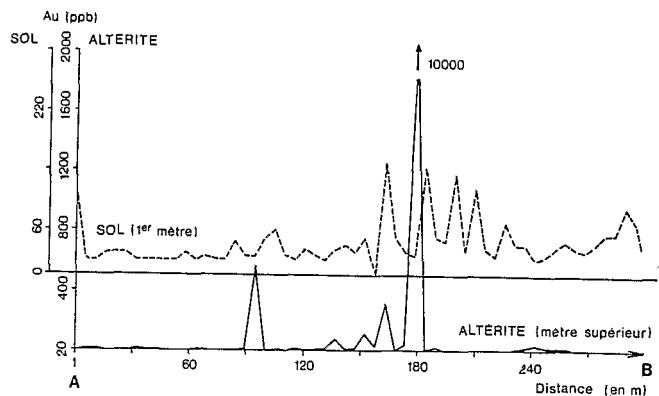
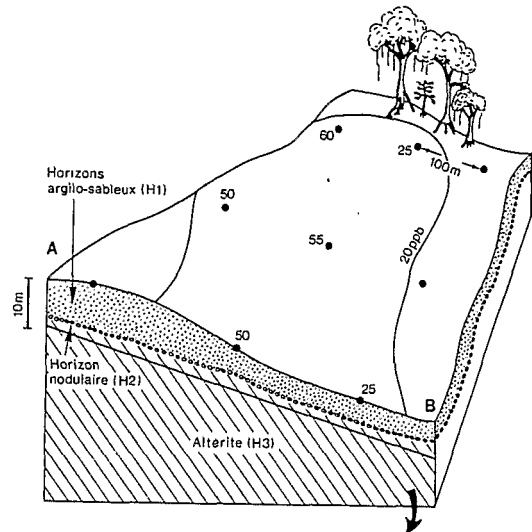


Fig. 5 - Coupe idéalisée de la toposéquence du layon 170 : représentation des valeurs en or (en ppb) dans les sols (bloc diagramme) et dans le premier et le dernier mètre des sondages à la mototarière (coupes).

Puits	Horiz.	< 63µ	63-125µ	125-250µ	250-500µ	> 500µ
T 290	H1	30	14	15	30	15
		65	6	6	5	7
		50	195	6	5	385
	H2	40	230	5	25	6
		115	160	40	30	30
		50	15	12	25	25
H3	35	230	11	8	11	
	25	80	7	5	5	
P2	H1	55	315	10	10	6
		70	345	495	4100	5
		45	10	10	5	9
		75	135	17	40	20
	H2	90	200	605	75	18
		50	55	345	9	12
P4	H1	35	140	6	10	13
		60	85	585	25	16
		80	5	600	75	14
	H2	65	305	50	9	6
		65	7	12	9	17
		35	7	10	6	11
H3	130	80	245	8	10	
	55	210	145	15	15	
P5	H1	35	160	20	35	35
		40	9	5	5	5
	H2	45	55	5	9	8
		30	5	5	12	5
	H3	20	50	5	35	5

Tabl. 3. - Teneurs en or (ppb) des différentes fractions granulométriques des échantillons des puits T290, P2, P4, P5.

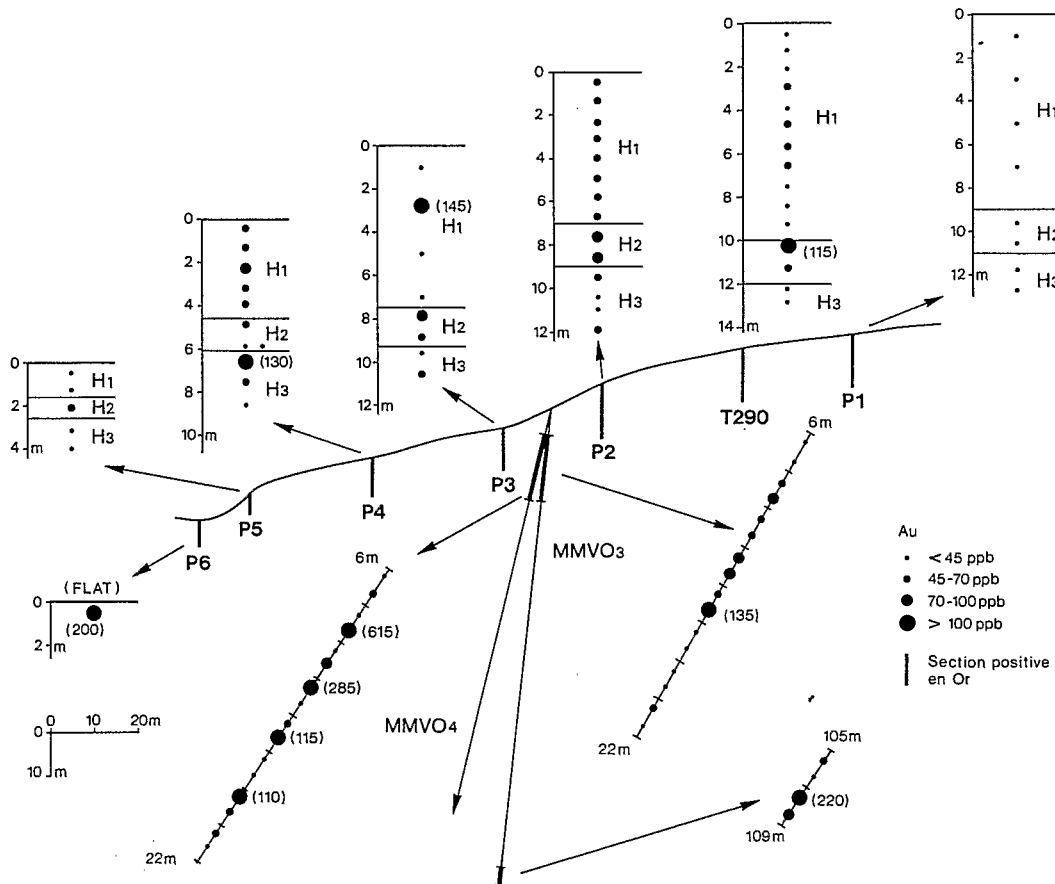


Fig. 6 - Représentation des teneurs en or le long du layon 170 avec un éclaté pour chaque puits (fraction < 63 μm) et pour les passes les plus riches des sondages (fraction tout venant).

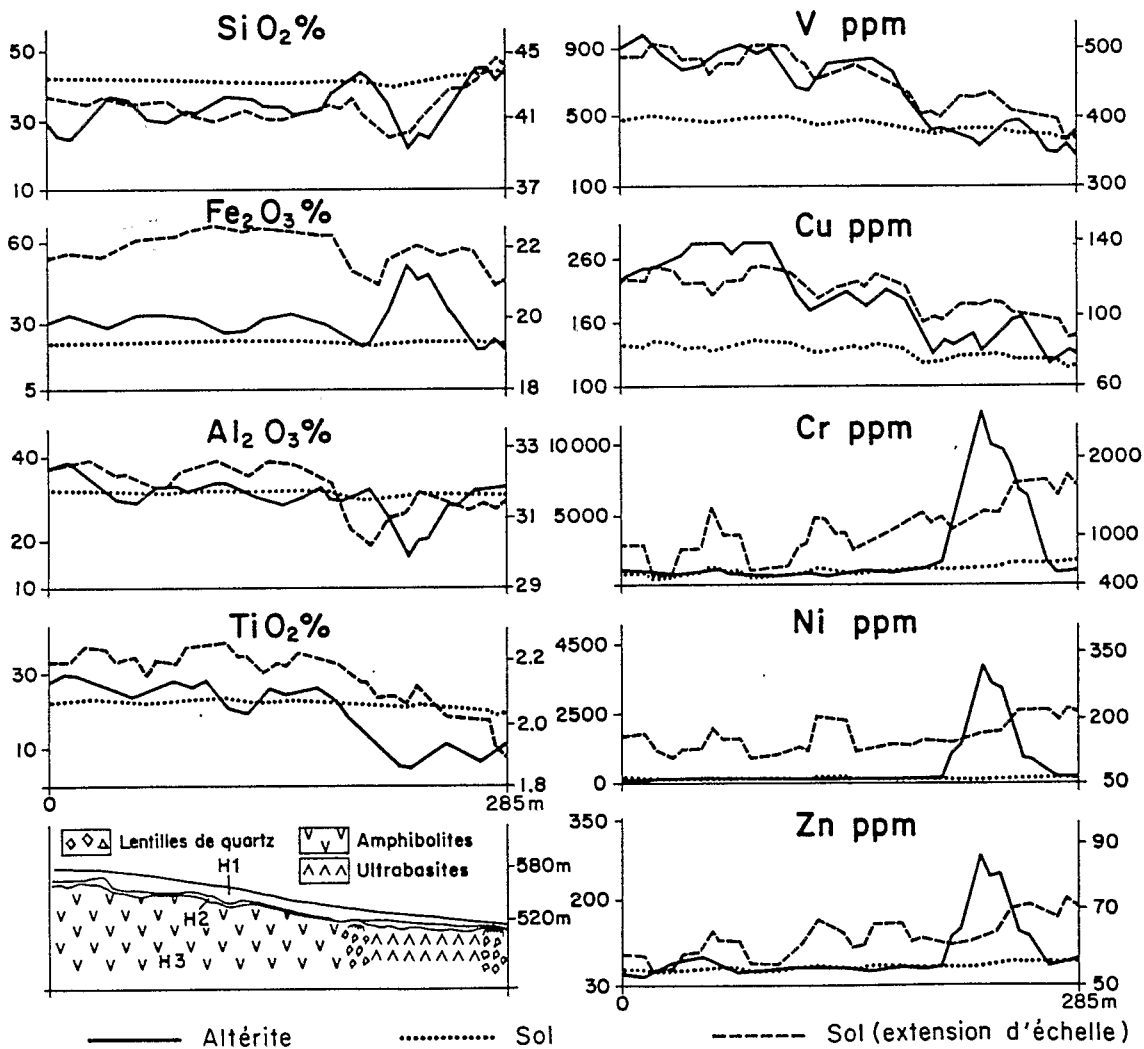


Fig. 7 - Répartition des teneurs pour les éléments les plus significatifs dans l'altérite et le sol du layon 170.

- TiO_2 , V, Cu et P_2O_5 définissent les faciès basiques de type amphibolitique (gneiss localisés en amont de la coupe).

- Cr, MgO, Fe_2O_3 et Ni correspondent au contexte ultra-basique (talcschistes).

- Les intercalations quartzo-feldspathiques sont représentées par des contenus plus élevés en SiO_2 .

Si l'on compare les teneurs des sols et des altérites en utilisant une même échelle des teneurs (fig. 7), les signatures spécifiques de chaque lithologie ne semblent plus reconnaissables en surface. En revanche, en procédant à une extension d'échelle pour le report des teneurs en sols (fig. 7), la lithodépendance est sans équivoque et les principales signatures chimiques sont perceptibles en surface avec toutefois, un décalage aval des contenus plus élevés en Cr, Ni, Zn des talcschistes. Ces résultats illustrent clairement le caractère résiduel des horizons d'altération et justifient la cartographie lithologique à partir des données chimiques du profil. Ils soulignent en outre l'intense lessivage, dans l'altérite, des éléments en traces contenus dans la roche mère, aboutissant ainsi à une homogénéisation des teneurs dans l'horizon argilo-sableux. Cela est également vrai pour les éléments majeurs et en particulier pour SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 (fig. 8).

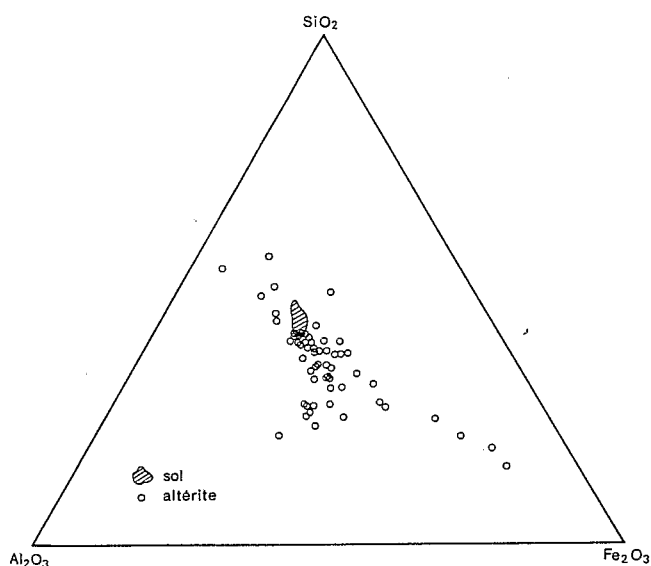


Fig. 8 - Diagramme ternaire des teneurs en SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3 (en %) pour les échantillons de sol (zone en grisé) et d'altérite (cercles blancs).

b) Évolution verticale

Le tableau 4 permet de comparer les moyennes des teneurs de chaque horizon des puits implantés sur les gneiss basiques à celles des échantillons de gneiss basiques sains prélevés en sondages.

Suivant les éléments ou groupes d'éléments, cinq types de comportement peuvent être reconnus :

- la silice est fortement lessivée dans l'altérite mais sa teneur augmente légèrement vers la surface ;
- pour le groupe Al_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 , Pb, le passage de la roche fraîche à la roche altérée s'accompagne d'un fort enrichissement (rapport 3/1) ; ensuite les teneurs diminuent légèrement dans les horizons H2 et H1 ;
- le comportement de Fe_2O_3 , MnO, V, Cr, Cu et Ce est également caractérisé par un très fort enrichissement lors du passage de la roche saine à l'altérite ; dans l'horizon H2, les teneurs sont proches de celles observées dans l'altérite ; elles diminuent par contre en surface ;
- les alcalino-terreux (MgO, CaO, Ba, Sr) sont totalement lessivés dans les trois horizons pédologiques ;
- pour Ni et Zn, exprimés à de faibles niveaux de teneurs dans la roche mère (< 100 ppm), aucune fluctuation significative ne peut être prise en compte en passant d'un horizon à un autre.

Enfin, les contenus des autres éléments du spectre ICP sont inférieurs ou proches du seuil de détection pour l'ensemble des échantillons.

4. Étude des particules d'or dans les horizons d'altération

Cette étude a été réalisée sous microscope électronique à balayage GEOL 35 CF couplé à un spectromètre EDS TRACOR IN 2000 (CNEMA-Université Aix-Marseille III).

Les particules d'or de l'altérite du profil P3 (teneur à 10 g/t) montrent généralement un contour échancré ; elles sont constituées de cristaux cubiques à faces automorphes (planche 1, photo 1) ou de l'empilement de cristallites octaédriques ou hexagonales (planche 1, photo 3). La surface de l'or est massive et non poreuse. Les particules présentent assez souvent des empreintes de cristaux de quartz et l'on trouve au sein de l'or des plages de plasma kaolinique peu ferrifère ($Fe < 5\%$) ; de grandes cristallites de gibbsite et de kaolinite (10 μm) sont en épitaxie sur l'or et sur le plasma kaolinique. La teneur en argent varie au sein d'une même particule de 0 % à 10 % (planche 1, photo 2).

Dans les horizons nodulaires et argilo-sableux du profil P3, les parties saillantes des particules d'or sont émoussées : les cristallites d'or primaire sont encore re-

	N	SiO_2^*	$Al_2O_3^*$	TiO_2^*	P_2O_5	Pb	$Fe_2O_3^*$	MnO*	V	Cr	Cu	Ce	MgO*	CaO*	Ba	Sr	Zn	Ni
H1	17	37	34.1	2.3	1150	8	23.7	0.02	530	700	130	26	0.2	1.0	30	27	60	110
H2	8	30	31.3	2.5	1130	11	30.8	0.14	760	1000	240	170	0.2	1.0	60	21	80	110
H3	10	28	37.6	2.9	1460	20	29.8	0.06	700	790	215	62	0.2	1.0	50	19	55	105
Roche	57	48	13.7	0.9	950	1	10.1	0.19	250	180	110	10	5.5	9.7	400	130	80	90

Tabl. 4. - Comparaison des teneurs moyennes dans chaque horizon du profil d'altération développé sur gneiss basique ; les groupes font référence à la CAH.

* teneurs en % (les autres éléments sont exprimés en ppm).

connaissables, mais les arêtes sont arrondies (planche 1, photo 4) ; à la surface de l'or des vides de dissolution apparaissent, avec une section circulaire, carrée ou hexagonale dont la taille maximale est de $1\ \mu\text{m}$ (planche 1, photo 5). D'autre part, on retrouve les empreintes de quartz primaire, les plasmas phyllosilicatés et la même distribution chimique de l'argent que dans les particules de l'altérite décrites précédemment.

Les particules d'or des altérites des autres puits en aval montrent un mélange des deux populations décrites ci-dessus (formes non émoussées à surface massive, ou émoussées à surface poreuse).

En revanche, les particules d'or extraites des horizons argilo-sableux des profils avals sont nettement plus émoussées (planche 1, photo 6) : les cristallites d'or ne sont plus reconnaissables ; la surface de l'or est marquée par de très nombreux vides de dissolution (planche 1, photo 7) : la taille de ces vides peut atteindre $30\ \mu\text{m}$ et leur bordure reprend des directions cristallographiques préférentielles qui sont celles de l'or primaire. Les teneurs en argent sont les mêmes que celles des autres particules.

5. Discussion

5.1. L'évolution des profils d'altération

Le profil d'altération de Mébaga est identique à celui décrit dans d'autres régions du Gabon (Chatelin, 1968 ; Riquier, 1969 ; Collinet, 1969 ; Beaudou et al., 1977 ; Muller, 1982 ; Colin et al., 1985). Il comprend de bas en haut :

- une altérite caractérisée par une allotérite peu puissante voire inexistante ;
- un horizon glébulaire riche en nodules ferrugineux ;
- un horizon argilo-sableux de surface.

a) **Les altérites** sont particulièrement riches en minéraux néoformés tels que la kaolinite et la gibbsite ; cependant elles contiennent des minéraux originels relictuels et, pour certains éléments, des niveaux de teneurs proches de ceux observés dans la roche saine.

Ainsi, la présence d'amphiboles et de hautes valeurs en TiO_2 , V, P_2O_5 et Cu sont caractéristiques des gneiss basiques situés en amont de la coupe. Des fragments de talc et les fortes teneurs en Cr, Ni, MgO et Fe_2O_3 constituent les marqueurs de surface des ultrabasites. Enfin, une abondance de quartz grossier et de fortes teneurs en SiO_2 délimitent les faciès quartzeux.

Il faut, d'autre part, relever le comportement particulier des éléments alcalino-terreux qui, dès le passage du front d'altération, sont complètement lixiviés.

b) **L'horizon glébulaire** possède une matrice argilo-sableuse riche en quartz primaire et kaolinite supergène, elle contient encore quelques phases relictuelles identiques à celles de l'altérite sous-jacente. Cette matrice englobe des nodules et blocs ferruginisés.

Leur taille et leur nombre dépendent de la quantité de fer disponible dans la roche mère. A Mébaga, ce sont les ultrabasites qui fournissent l'ensemble nodulaire le plus important. D'après Millot (1980) ou Nahon (1986), le processus de concentration des oxy-hydroxydes de fer par

altération latéritique s'est développé sous des conditions climatiques antérieures, différentes des conditions actuelles. Ces dernières favoriseraient, au contraire, la dissolution chimique des cuirasses anciennes (Lecomte, 1988). Au point de vue minéralogique, on passerait d'une évolution à hématite de la latérite sensu stricto à une évolution à goethite-gibbsite, minéraux bien représentés dans l'horizon glébulaire et l'altérite de Mébaga.

Ainsi, si une partie des éléments en trace caractéristiques de chaque type de roche est conservée, soit au travers des phases primaires relictuelles, soit associée par coprécipitation aux oxy-hydroxydes de fer de l'ancienne cuirasse, on admet que les processus de dissolution et de lessivage, liés à l'évolution altérologique actuelle sont à l'origine de l'atténuation de la signature géochimique de la roche-mère dans l'horizon glébulaire.

c) Dans **l'horizon argilo-sableux**, la dissolution des anciens horizons cuirassés est encore plus marquée, les nodules ferrugineux sont chimiquement digérés et disparaissent à l'exception d'un petit nombre, de taille très réduite, localisés à l'interface avec l'ensemble glébulaire sous-jacent. Les phases relictuelles sont également destabilisées à l'exception du quartz dont la concentration augmente vers la surface.

Ainsi, sur le prospect de Mébaga, la signature spécifique de la roche-mère, bien qu'atténuée et homogénéisée, reste perceptible en surface au niveau des éléments en trace.

5.2. L'évolution des particules d'or

Les particules d'or du profil d'altération dérivent directement de la minéralisation primaire comme l'indiquent, les contours de particules échancrées, les cristallites d'or à arêtes non émoussées, la présence d'habitats cristallins xénomorphes, les empreintes de cristaux de quartz sur certaines faces et les teneurs en Ag pouvant atteindre 10 %.

A l'opposé, si l'on considère les teneurs significatives en or des trois ensembles du profil, on constate qu'il n'y a pas de relation directe entre elles et les contenus en Fe_2O_3 ou MnO (fig. 9) et que les valeurs les plus élevées en or ne sont pas liées à des reconcentrations d'oxydes de fer ou de manganèse comme le signalent certains auteurs en milieu supergène tropical (Wilson, 1983 ; Mann, 1984). Cela conforte l'hypothèse d'une origine résiduelle de l'or. Celle-ci avait déjà été avancée à plusieurs reprises en zone tropicale (Boyle, 1979 ; Wilson, 1983 ; Sutherland, 1985).

Dans l'altérite, les particules d'or ont peu évolué. Elles se retrouvent tout le long du profil jusque dans le sol. Facilement identifiables, elles ont, en effet, conservé certains caractères spécifiques du milieu primaire tels que les empreintes des cristaux de quartz ou des teneurs élevées en argent.

Elles subissent cependant une certaine évolution morphologique de plus en plus accentuée à mesure que l'on se rapproche de la surface. Cela se marque par l'émoussage des parties saillantes des grosses particules et des cristallites, parallèlement à l'augmentation de leur porosité (vides de dissolution).

L'accentuation de ces caractères vers le haut du profil et vers l'aval de la coupe démontre que cette évolution est étroitement liée à l'action de l'altération supergène.

La dissolution partielle des particules résiduelles d'or visible - et donc grossier - provoque dans l'horizon argilo-sableux une homogénéisation de la répartition de l'or total et une redistribution de l'or fin ($< 125 \mu$) dans le profil. Cette homogénéisation conduit à un élargissement du halo de dispersion de l'or dans les ensembles nodulaire et argilo-sableux.

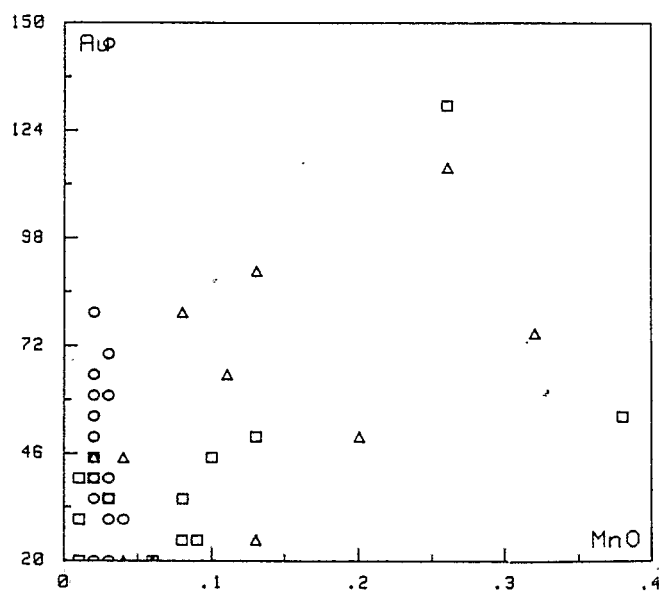
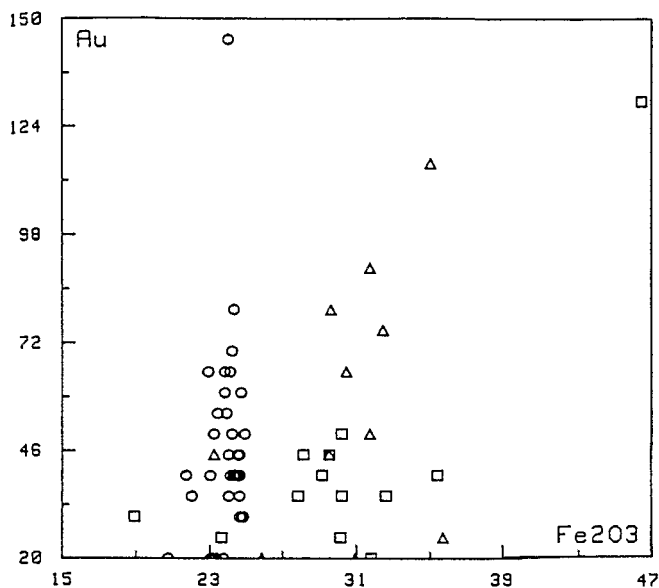


Fig. 9 - Diagrammes binaires Au-Fe₂O₃ et Au-MnO pour les échantillons (fraction $< 63 \mu\text{m}$) des horizons H1 (cercles), H2 (triangles) et H3 (carrés) des puits du layon 170. En ppb pour Au et en % pour les 2 autres éléments.

6. Conclusion

Les conditions morpho-climatiques équatoriales actuelles favorisent la "fonte chimique" du profil d'altération ancien. Cette dissolution induit dans les milieux de surface une certaine homogénéisation et atténuation de la signature géochimique et minéralogique de la roche primaire.

Ses caractères chimiques spécifiques restent cependant perceptibles dans les différents horizons du profil jusque dans les sols. A Mébaga, trois entités lithologiques ont ainsi pu être différenciées à partir du spectre géochimique du profil d'altération, correspondant respectivement aux gneiss basiques, aux ultrabasites et à des lentilles quartzeuses.

L'étude morphoscopique et chimique des particules d'or a permis de montrer leur caractère résiduel tout le long du profil. Dans l'altérite, les particules d'or ont peu évolué par rapport à celles observées en roche fraîche ; en revanche, à mesure que l'on remonte vers la surface, on constate une dissolution progressive des particules d'or. Cette dissolution de l'or grossier résiduel s'accompagne d'un élargissement du halo de dispersion de l'or fin ($< 125 \mu$) en surface et d'une homogénéisation des teneurs.

Ces observations confortent la démarche de prospection utilisée actuellement dans le cadre de l'Inventaire pour la focalisation des cibles minéralisées. Au niveau tactique, l'échantillonnage en sols est réalisé à une maille relativement large ($100 \times 100 \text{ m}$ ou $100 \times 200 \text{ m}$) et la fraction $< 125 \mu\text{m}$ est utilisée pour l'analyse. Pour la recherche des enracinements, la maille des mototarières est réduite à 5 m et c'est le tout venant qui est analysé.

Remerciements

Les auteurs remercient E. Wilhelm pour la lecture critique du texte et ses conseils.

Références bibliographiques

- AMBROSI J.P., NAHON D. (1986). - Petrological and geochemical differentiation of lateritic iron crust profiles. *Chemical Geology*, 57, pp. 371-393.
- BARTHÉLÉMY F., AYE F., LECOMTE P. (1986). - Projet Voie Ferrée. Troisième campagne de suivi tactique (1985). Rapport final. Rap. BRGM 86GAB034, non publié.
- BARTHÉLÉMY F., COSTE B., TOURLIÈRE B., VIALLEFOND L. (1987). - Projet Voie Ferrée. Quatrième campagne de suivi tactique. Rapport de fin de campagne. Rap. BRGM 87GAB009, non publié.
- BEAUDOU A., CHATELIN Y., COLLINET J., MARTIN D. (1977). - Note sur la micromorphologie de certains sols ferrallitiques jaunes de régions équatoriales d'Afrique. *Cahiers ORSTOM, sér. Pédol.*, 15, pp. 361-379.
- BERTRANEU J., GONI J., WILHELM E. (1979). - The present state of the development of geochemical prospecting : methods of geochemical prospecting. - IAGC - *Geol. Survey Prague*, pp. 97-123.
- BOCQUIER G., MÜLLER J.P., BOULANGÉ B. (1984). - Les latérites. Connaissances et perspectives actuelles sur les mécanismes de leur différenciation. In Livre Jubilaire du Cinquantenaire, A.F.E.S., Paris, pp. 123-138.
- BOYLE R.W. (1979). - The geochemistry of gold and its deposits. *Geological Survey, Canada, Bull.*, 280, 584 p.
- CHATELIN Y. (1968). - Note de pédologie gabonaise. Géomorphologie et Pédologie dans le Sud Gabon des monts Birougou au Littoral, *Cahiers ORSTOM*, 6, sér. Pédol., n° 1, pp. 3-20.
- COLIN F. (1985). - L'or et les formations superficielles du Gabon. Communication présentée aux "Journées Réflexion Or" à Libreville, Gabon. Note ORSTOM, 13 p., non publié.

- COLIN F., LECOMTE P. (1985). - Compte rendu de mission au Gabon (8-7 au 6-8-85). Rap. BRGM/GMX, n° 1194, 12 p.
- COLIN F. (1986). - Les formations superficielles du gîte aurifère de Dondo Mobi, région d'Etéké, Gabon. Études pétrologique, géochimique et minéralogique, résultats acquis. Rapport interne ORSTOM, 71 p.
- COLIN F., LECOMTE P., MINKO E. (1988). - Pétrologie et géochimie des formations superficielles du Gabon. Journée Inventaire Minier de Libreville, octobre 86, *Revue du Ministère des Mines et du Pétrole*. Ed. Formule 13, Libreville, Gabon, in press.
- COLLINET J. (1969). - Contribution à l'étude des stone lines dans la région du Moyen Ogooué (Gabon). Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., 7, n° 1, pp. 3-42.
- GUYOT G., BARTHÉLÉMY F., BRAUX C., DESCHAMPS Y., LECOMTE P., TALLABARD A. (1984). - Projet Voie Ferrée. Deuxième campagne de suivi tactique (mai à octobre 1984). Rap. BRGM 85LIB002, non publié.
- LECOMTE P., WILHELM E., ZEEGERS H. (1985). - Études méthodologiques sur la dispersion de l'or dans les profils d'altération ferrallitique. Exemples de Guyane, du Gabon et de la Côte d'Ivoire. Communic. Présentée aux "Journées Réflexion Or" à LBV., Gabon. Rap. BRGM/GMX 1190., 13 p., non publié.
- LECOMTE P., WILHELM E. (1985). - Présentation de trois cibles "or" issues de l'Inventaire "voie ferrée" (Gabon) en cours d'étude par le BRGM. Communic. présentée aux "Journées Réflexion Or" à LBV., Gabon. Rap. BRGM/GMX 1192., 7 p., non publié.
- LECOMTE P. (1988). - Stone line profiles : Importance in geochemical exploration. *J. of. Géoc. Expl.*, 30, pp. 35-61.
- MANN A.W. (1984). - Mobility of gold and silver in lateritic weathering profiles : some observations from Western Australia. *Econ. Geol.*, 79, pp. 38-49.
- MILLOT G. (1980). - Les grands aplatissements des socles continentaux dans les pays subtropicaux, tropicaux et désertiques. *Mém. hors série Soc. Géol. Fr.*, n° 10, pp. 295-305.
- MÜLLER J.P. (1982). - Les horizons supérieurs des sols ferrallitiques jaunes du Woleu Ntem. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., 19, n° 2, pp. 107-115.
- NAHON D. (1986). - Evolution of iron crusts in tropical landscapes. In Rates of chemical weathering of rocks and minerals, edited by Colman S.M. and Dethier D.P., Academic Press. 169-191.
- RIQUIER J. (1969). - Contribution à l'étude des stone lines en région tropicale et équatoriale. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., 5-18, n° 2, pp. 87-109.
- SEGALEN P. (1969). - Le remaniement des sols et la mise en place de la stone line en Afrique. Cahiers ORSTOM, sér. Pédol., 7, n° 1, pp. 113-127.
- SUTHERLAND D.G. (1985). - Geomorphological controls on the distribution of placers deposits. *J. Geol. Soc., London*, 142, pp. 727-737.
- VERNHET Y. (1984). - Mission Mitzié 1983. Prospection générale et cartographie. Annexe 2 : Feuille 10D. Rap. BRGM 84LIB002/2, non publié.
- VINCENT P.L. (1966). - Les formations meubles superficielles au sud du Congo et du Gabon. *Bull. BRGM Fr.* n° 4, pp. 53-111.
- VOGT J. (1966). - Le complexe de la stone line. Mise au point. *Bull. BRGM Fr.* n° 4, pp. 3-51.
- WILHELM E., ZEEGERS H. (1984). - La prospection géochimique au BRGM - Techniques opérationnelles et recherches méthodologiques. *Geol. Jb.*, A75, pp. 49-75.
- WILSON A.F. (1983). - The economic significance of non hydrothermal transport of gold, and the accretion of large gold nuggets in laterite and other weathering profiles in Australia. *Spec. Publ. Soc. South. Africa*, 7, pp. 229-234.

Planche 1 : Évolution morphoscopique et chimique des particules d'or le long du profil d'altération de Mébaga-Mvomo.

Photos 1 et 3 : Particules caractéristiques de l'altérite du puits P3.

Photo 2 : Résultats de l'analyse semi-quantitative des particules d'or issues de l'altérite du puits P3 : variation de la composition en argent au sein d'une même particule.

Photo 4 : Particule caractéristique des horizons nodulaires et argilo-sableux du puits P3.

Photo 5 : Détail de la photo 4 : état de surface et vides de dissolution.

Photo 6 : Particule caractéristique de l'horizon argilo-sableux des puits avals.

Photo 7 : Détail de la photo 6 : état de surface et vides de dissolution.

