

## CUIRASSES LATÉRITIQUES ET PROSPECTION MINIÈRE

PAR

E. WILHELM \*, H. ZEEGERS \* & J. P. AMBROSI \*\*

RÉSUMÉ. — L'extrême agressivité de la pédogenèse tropicale conduit à la formation de profils d'altération très développés caractérisés par une néoformation massive de phases oxydées ou silicatées, et rend aléatoire toute prospection à vue. L'exploration minière doit ainsi se tourner vers des techniques de prospection indirectes comme la géochimie, susceptibles de détecter au travers du manteau d'altération, des traces métalliques initialement associées à une minéralisation primaire. Sont étudiés et discutés la répartition et le comportement de quelques éléments traces (Cu, Mo, As...) le long de séquences d'altération à la fois ferralitiques et smectiques de trois prospectes de Haute-Volta. Le maintien ou le lessivage du profil de ces métaux sont directement fonction de leur équilibre avec les phases néoformées et seront de ce fait éminemment fluctuants d'un horizon pédologique à l'autre. La démarche géochimique requiert ainsi un bon repérage de l'environnement altérolologique de chaque site d'échantillonnage.

SAMENVATTING. — *Laterietkappen en mijnprospektie.* — De extreme agressiviteit van de tropische pedogenese leidt tot de formatie van zeer ontwikkelde verwervingsprofielen, die gekenmerkt worden door een massieve neoformatie van geoxydeerde of gesilicifieerde fazen, en maakt elke prospektie op zicht twijfelachtig. De mijnontginning moet dan ook beroep doen op onrechtstreekse prospektietechnieken zoals de geochemie, die de detektie mogelijk maken, doorheen de verwervingskorst, van metaalsporen, oorspronkelijk geassocieerd aan een primaire mineralisatie. Zo worden de verdeling en het gedrag bestudeerd en besproken van enkele spoorelementen (Cu, Mo, As...) doorheen verweringssequenties, tegelijkertijd ferralitisch en smectisch, van drie prospecten van Opper-Volta. Het behoud of de uitloging van het profiel van deze metalen hangen rechtstreeks af van hun evenwicht met de nieuwgevormde fazen en zullen daardoor wezenlijk fluktuierend zijn van het ene pedologisch horizont naar het andere. De geochemische werkwijze vergt also een goede peiling van de verweringsomgeving van elk monstergebied.

\* Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Département des Gîtes minéraux, B.P. 6009, F-45060 Orléans Cédex (France).

\*\* Université de Poitiers ; Laboratoire de Pétrologie de la Surface, 40, avenue du Recteur Pineau, F-86022 Poitiers Cédex (France).

**SUMMARY.** — *Lateritic crusts and mineral exploration.* — Deep weathering associated with tropical climatic conditions leads to extensively leached profiles characterized by a massive development of oxide or silicate secondary mineral phases, hampering conventional prospecting. Mineral exploration in such conditions requires specific techniques, as geochemistry, aiming at detecting, in surface, metallic trace elements issued from underlying mineralisations. The mobility of the pathfinders in the weathering profile is mainly controlled by their thermodynamic equilibrium with the secondary mineral phases and therefore depends on the position in the profile. The dispersion processes of some key elements (Cu, Mo, As) will be presented and discussed, considering both smectic and lateritic environments from 3 prospects in Upper Volta.

## 1. Introduction

Les cuirasses latéritiques constituent un écran quasi opaque pour la prospection à vue et pénalisent également les techniques indirectes d'exploration, car les caractéristiques physiques et chimiques du substratum sont fortement perturbées par les conditions d'agressivité extrêmes de la pédogenèse tropicale.

Ces formations indurées ont pendant longtemps été considérées comme résultant de remaniements successifs, sous contrôle morphologique étroit, d'altérites plus anciennes, ce qui leur conférerait un cachet allochtone prépondérant ; une telle interprétation a lourdement handicapé l'adaptation d'une technique géochimique de prospection à ce type d'environnement et freiné le développement d'une méthodologie spécifique, car la représentativité des matériaux accessibles à un échantillonnage géochimique en surface restait fortement controversée. Les nombreuses investigations de la dernière décennie, tant à l'échelle localisée d'une toposéquence qu'à celle plus régionale d'un paysage, et les apports, souvent décisifs, de la pétrologie des altérites ont petit à petit remis l'accent sur une certaine lithodépendance des cuirasses ferrugineuses et ouvert des perspectives nouvelles à la prospection et à l'outil géochimique en particulier.

En effet, les environnements tropicaux sont caractérisés par la néoformation massive de phases oxydées ou silicatées se substituant à l'assemblage minéralogique de la roche-mère et de son éventuel contenu minéralisé ; certains de ces minéraux tels les oxydes-hydroxydes de fer et les argiles smectiques par exemple, constituent ainsi des supports privilégiés des traces métalliques mobilisées, à un stade précoce de l'altération, à partir des concentrations minérales recherchées. Leur maintien dans le profil dépendra des équilibres, pris dans un sens thermodynamique, réalisés ou non, entre ces éléments et les phases néoformées.

Cela est fondamentalement différent par rapport à ce que l'on observe en région tempérée où les supports des traces métalliques en zone supergène sont constitués pour l'essentiel par des minéraux d'oxydation des sulfures.

En milieu tropical, le géochimiste d'exploration aura pour tâche de recenser les minéraux d'altération majeurs propres aux différentes situations morpho-pédologiques d'un prospect et de préciser leur impact en tant que mémoire, relais, filtre ou écran vis-à-vis du message géochimique.

Ainsi, après avoir décrit les principales phases minéralogiques des différents horizons d'altération de profils latéritiques, nous tenterons d'y apprécier le comportement et le devenir de quelques éléments traces initialement associés à des concentrations minérales exprimées dans le substratum.

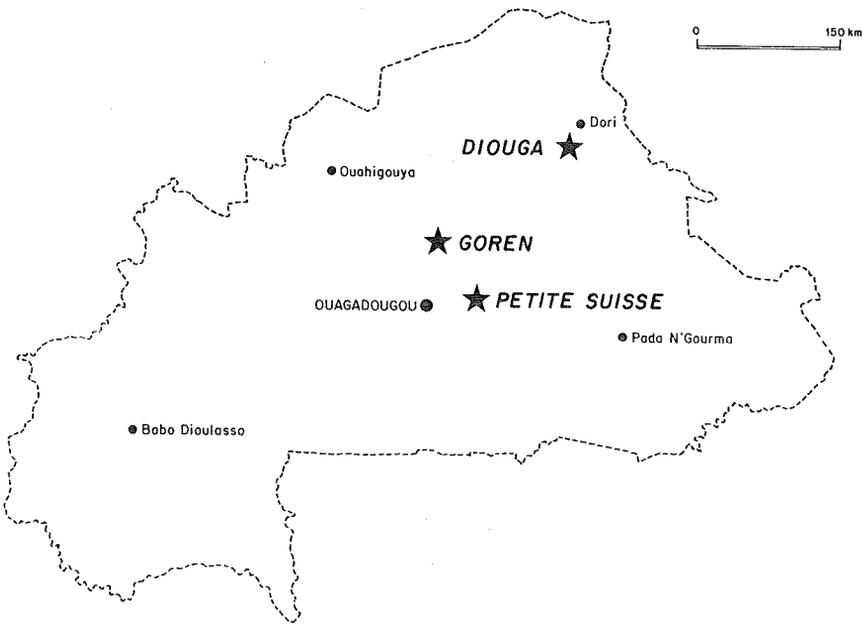


Fig. 1. — Haute-Volta : localisation des prospects.

## 2. Présentation de profils latéritiques de Haute-Volta

Nous nous appuierons sur l'étude détaillée de la toposéquence de Diouga, localisée dans les volcanites birrimiennes à dominante basique de l'extrémité Nord-Est du pays (fig. 1). Six puits, alignés le long d'une coupe Nord-Sud de 3 km d'extension, ont été foncés au travers des cuirasses

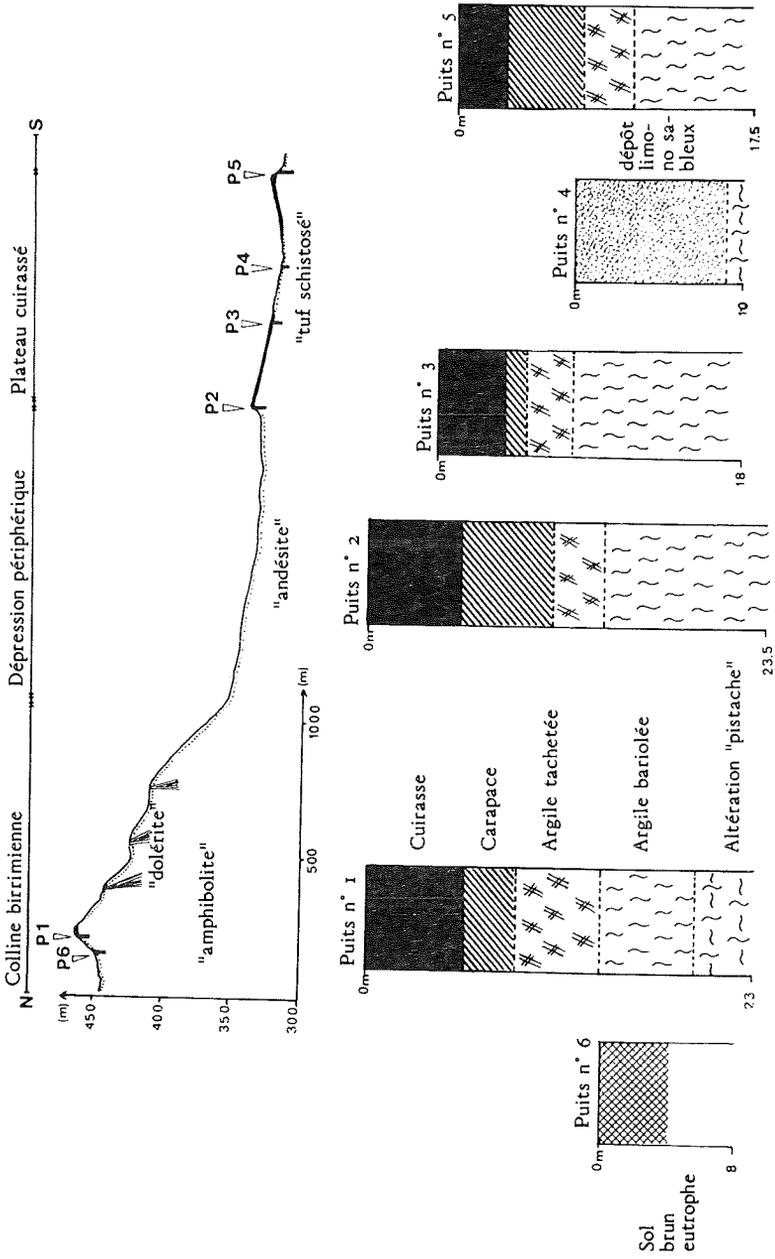


Fig. 2. — Haute-Volta : toposéquence de Diouga ; emplacement et coupe des puits.

latéritiques qui, bien que situées à des altitudes différentes variant de 350 m à 450 m, sont interprétées comme appartenant à une même paléosurface ondulée (fig. 2).

L'échantillonnage de ces différents puits et coupes, dont la profondeur varie entre 9 et 23 m, a été réalisé de manière continue et systématique, niveau par niveau, aux fins d'examen pétrographiques et minéralogiques détaillées et d'analyses chimiques ; celles-ci ont été effectuées par spectrométrie d'émission ICP pour les éléments majeurs et une vingtaine d'éléments traces. D'une manière générale, les coupes des puits présentent des profils fort semblables ; ceux-ci sont cependant plus ou moins tronqués selon leur position morphologique actuelle.

Les observations macroscopiques faites lors du levé des coupes et de l'échantillonnage mettent bien en évidence deux types d'évolution distincte (LEPRUN 1979, PION 1979, ZEEGERS & LEPRUN 1979) déjà décrits antérieurement, correspondant à deux processus d'altération morpho-climatique différents :

- Une ferruginisation progressive, du bas vers le haut, d'un plasma kaolinique, conduisant à l'individualisation des niveaux d'argiles bariolées, d'argiles tachetées, de la carapace et de la cuirasse. Cette évolution est contrôlée par l'altération ferrallitique ancienne, responsable de la formation des niveaux indurés. A cet égard, les profils observés à Diouga (voir fig. 2) sont tout à fait représentatifs de la coupe type en milieu latéritique ;
- Un développement, à la base des profils, d'horizons « pistache » liés à la néoformation de smectites sous l'effet d'une pédogenèse plus tardive, voire récente.

Ces deux séquences d'altération sont parfaitement individualisées sur le plan chimique ; elles peuvent être distinguées par exemple sur un diagramme binaire  $Fe_2O_3-Al_2O_3$  (fig. 3). Ce graphique souligne la bonne continuité de la filière ferrallitique (horizons kaoliniques et niveaux indurés) entre un pôle « kaolinite » et un pôle « oxydes de fer ». A l'opposé, les échantillons à smectites issus de la pédogenèse récente suivent une loi de répartition distincte car ils sont peu affectés par la dynamique ferrifère.

### **3. Caractérisations minéralogique et géochimique des horizons issus de l'altération ferrallitique ancienne**

Nous prendrons comme exemple la coupe du puits 1 de Diouga, situé en position topographique haute, à l'extrémité Nord de la toposéquence.

L'étude détaillée de ce profil a associé observations fines de terrain et examens pétrologiques systématiques en lames minces. Nous passerons successivement en revue les différents horizons d'altération, depuis les argiles bariolées à la base jusqu'à la cuirasse au sommet.

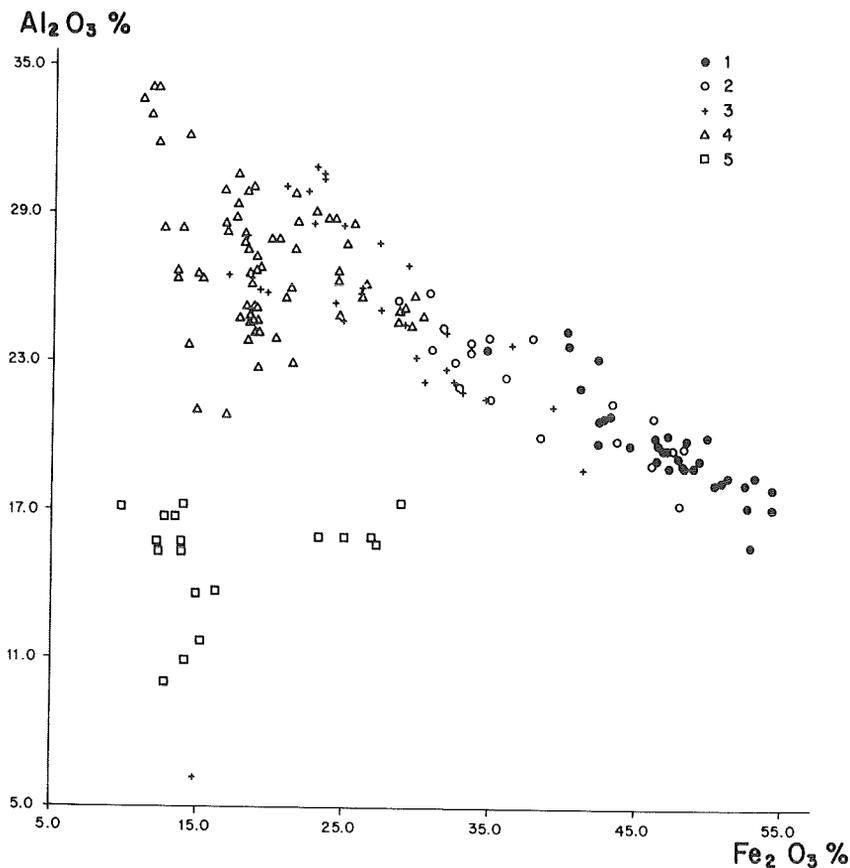


Fig. 3. — Haute-Volta ; profils de Diouga ; diagramme  $Fe_2O_3$ - $Al_2O_3$  pour les prélèvements effectués dans les différents horizons d'altération :

1) cuirasse ; 2) carapace ; 3) argiles tachetées ; 4) argiles bariolées ; 5) niveaux à smectites.

Les argiles bariolées sont essentiellement constituées d'un plasma kaolinique relativement homogène. A leur base cependant, à l'interface avec la roche fraîche, on observe une situation transitoire, avec juxtaposition d'un

squelette résiduel (minéraux altérables et quartz) et du plasma d'altération (pl. 1a).

En s'élevant dans le profil, le squelette est rapidement digéré par le plasma, avec oblitération des structures originelles de la roche mère (pl. 1b).

Dans ces mêmes niveaux, un examen détaillé du cortège minéralogique néoformé permet d'individualiser deux familles de kaolinite :

- Une à grands cristaux (10-100  $\mu\text{m}$ ) en accordéon provenant vraisemblablement de la pseudomorphose des minéraux parentaux originels ;
- L'autre, cryptocristalline, au sein d'un réseau anastomosé de type nodulaire mal défini, dans lequel on ne reconnaît plus les kaolinites originelles.

Simultanément, on distingue deux modes de ferruginisation, le premier à hématite où le fer se concentre en petits nodules formés probablement aux dépens de la kaolinite grossière, le second correspondant à une pigmentation de plasma kaolinique microcristallin, sous forme de goethite.

Cette organisation préfigure une structuration bi-phasée plus accentuée dans les horizons supérieurs du profil. Ainsi, dans les argiles tachetées (pl. 1c), on retrouve les deux modes de ferruginisation précités :

- Dans les «taches» gris-violacées, c'est l'hématite qui domine, sous forme de mouchetures et micronodules ; elle peut se substituer intégralement à la kaolinite ; macroscopiquement, on note une tendance à l'induration ;
- Dans les taches jaunes, moins indurées, le plasma microcristallin à kaolinite est simplement imprégné d'une manière diffuse par la goethite.

Dans les niveaux indurés, ces deux domaines poursuivent leur évolution propre pour aboutir à la formation de pseudopisolithes, soit à kaolinite-goethite, soit à hématite.

En outre, à la discontinuité entre les deux domaines, on voit nettement apparaître des remobilisations du fer qui se font surtout aux dépens des volumes micronodulaires à hématite. Cette redistribution est à l'origine de la formation de cortex (évolution centripète) ou de pseudo-cortex (évolution centrifuge) à goethite, qui accentuent encore la séparation entre les deux domaines (pl. 1d).

Ainsi, si le processus général d'altération conduit à une ferruginisation progressive, du bas vers le haut du profil, d'un plasma kaolinique, des itinéraires spécifiques balisent ces transformations et aboutissent à des équilibres minéralogiques distincts. Au niveau des horizons à kaolinite dominante (argiles bariolées, argiles tachetées), on peut distinguer une ferruginisation plasmique diffuse où la goethite imprègne une kaolinite

cryptocristalline, d'une filière à hématite se substituant, *pro parte* au moins, à une kaolinite «primaire» plus grossière. En remontant dans le profil (carapace et cuirasse), l'acquisition progressive du cortex par les pseudopisolithes à kaolinite-goethite ou à hématite semble représenter un stade de ferruginisation ultime.

La diversité des itinéraires minéralogiques possibles conditionnera ainsi la ventilation des éléments traces au sein d'un profil donné.

A titre d'exemple, nous présentons en fig. 4, la répartition du fer, du vanadium et du cobalt le long de la séquence d'altération de Diouga. Co et V, d'origine exclusivement lithologique, évoluent différemment, le vanadium suivant le fer et se concentrant dans les niveaux indurés, le cobalt y subissant au contraire un lessivage intense et quasi total.

Cette enquête a été étendue à d'autres prospectes de Haute-Volta et localisée sur quelques éléments traces d'intérêt métallogénique, dont la distribution peut être suivie depuis la roche saine jusque dans les altérites superficielles.

#### Planche 1.

##### Haute-Volta — Prospect de Diouga

Lames minces correspondant à différents horizons du profil d'altération (puits n° 1)

- 1a. — Base des argiles bariolées :
  - A : amphibole
  - B : quartz
  - C : plasma kaolinique
- 1b. — Argiles bariolées :
  - A : micro-nodule à hématite
  - B : «grande» kaolinite
  - C : kaolinite cryptocristalline
  - D : kaolinite cryptocristalline + goethite diffuse
- 1c. — Argiles tachetées :
  - A : «grande» kaolinite
  - B : kaolinite cryptocristalline à goethite diffuse
  - C : plage à hématite
- 1d. — Carapace :
  - A : pseudo-pisolithe à kaolinite cryptocristalline et goethite diffuse
  - B : pseudo-cortex
  - C : pseudo-pisolithe à hématite

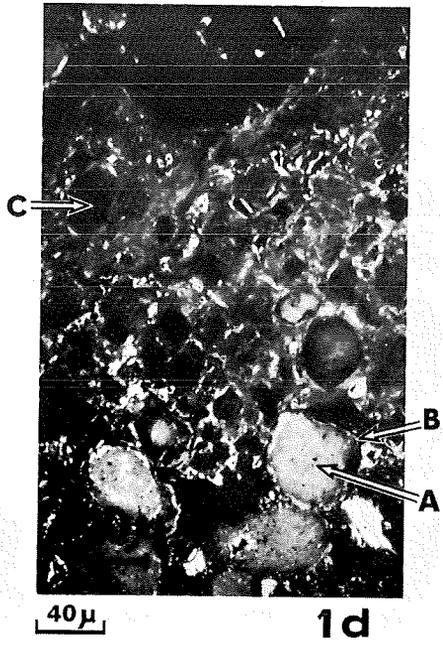
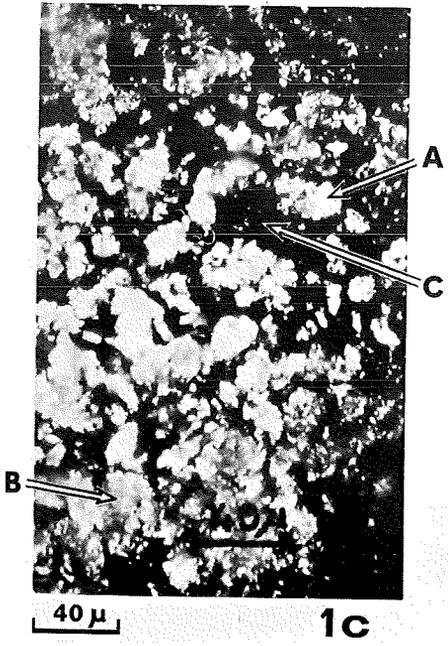
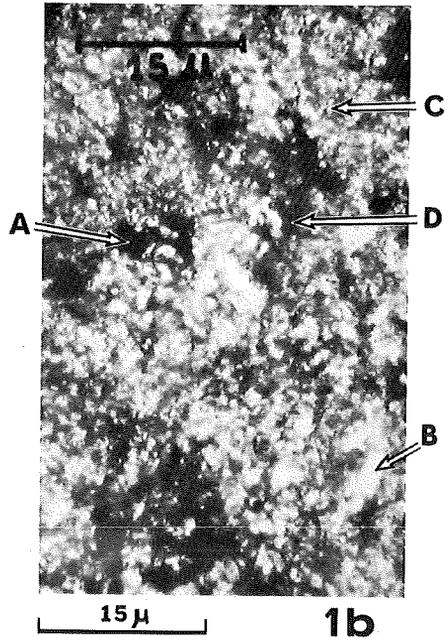
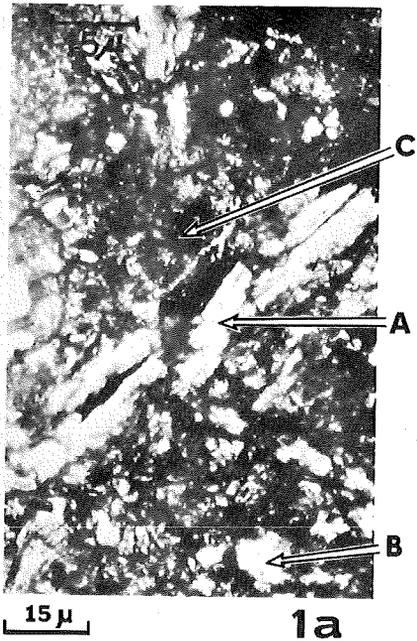


Planche 1.



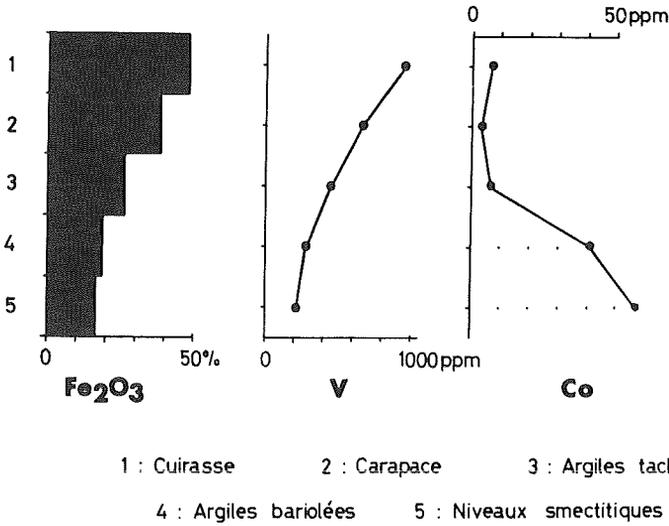


Fig. 4. — Haute-Volta — Diouga : teneurs moyennes en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V, Co dans les différents horizons du profil latéritique.

#### 4. Comportement le long de divers profils d'altération de quelques éléments traces (Cu, Mo, As), initialement associés à des minéralisations sulfurées

4.1. A Diouga même, la détection dans l'horizon cuirassé superficiel, d'une «anomalie» en arsenic en relation avec une minéralisation Au-As située plus en amont morphologiquement, constitue une bonne illustration des possibilités de migration latérale de cet élément dans les altérites.

En effet, en se référant à la figure 5, on perçoit un net enrichissement en arsenic, les teneurs atteignant la centaine de ppm dans les niveaux cuirassés du puits 2, situé à environ 200 m en aval de la trace d'un filon à or et mispickel reconnu. Il y a donc apparemment une dispersion latérale importante de cet élément dans la partie sommitale du profil, sans que les porteurs spécifiques aient pu être précisés. Cet étalement superficiel de l'anomalie constitue un atout pour la prospection car elle accroît les dimensions de la cible et autorise donc des mailles de prélèvement géochimique relativement lâches.

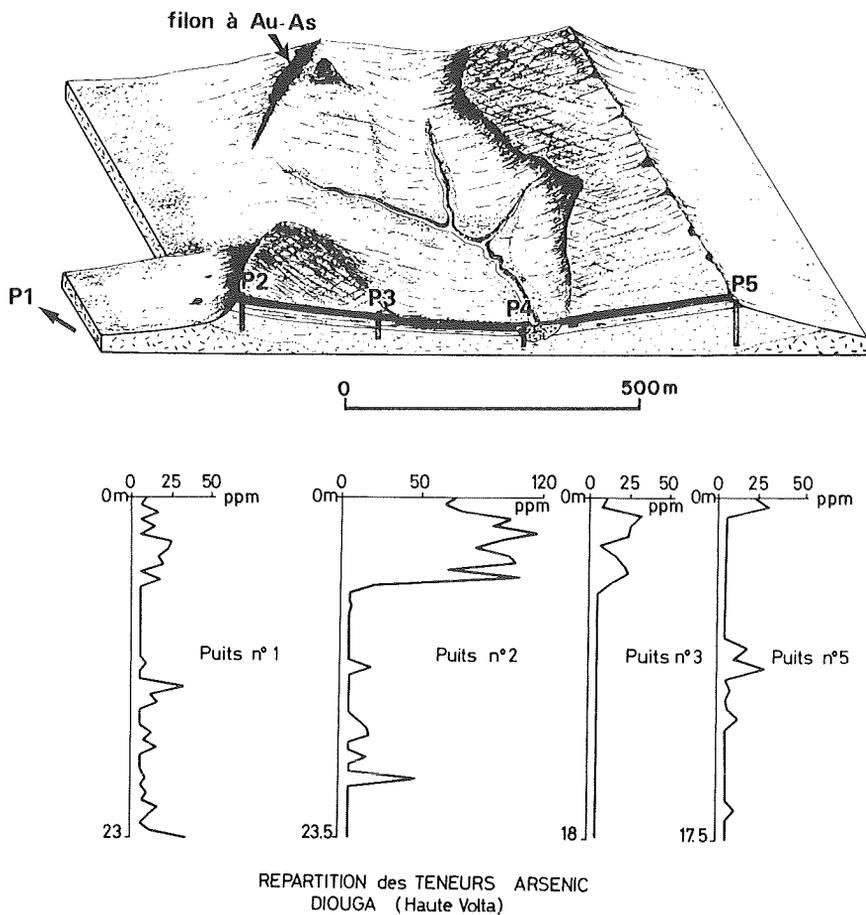


Fig. 5. — Haute-Volta — Diouga : schéma morphologique du prospect avec position des puits et de la minéralisation Au-As ; teneurs en arsenic dans les puits 1, 2, 3 et 5.

4.2. A *Goren*, nous sommes en présence d'une minéralisation disséminée à Cu-Mo, de type porphyrique, portée par une granodiorite intrudée dans les volcanites birrimiennes localisées à une centaine de km au Nord de Ouagadougou (fig. 1). L'altération ferrallitique y développe des profils similaires à ceux observés dans la région de Diouga.

L'échantillonnage à partir d'une cinquantaine de puits d'environ 600 prélèvements provenant des différents horizons pédologiques surmontant la zone minéralisée a mis en évidence une concentration différentielle du cuivre

et du molybdène dans ces horizons (ZEEGERS *et al.* 1979). La répartition des teneurs, estimées à l'aide des moyennes arithmétiques (tableau 1) met en évidence :

- Dans les sols superficiels, des signaux globalement atténués, pouvant traduire une dilution par un matériau allochtone, à composition plus siliceuse ;
- Pour le cuivre, un lessivage prononcé proportionnel à l'élévation des teneurs en fer. Cette tendance semble refléter un certain déséquilibre entre ce métal et l'une ou l'autre des phases ferrifères déjà décrites, goethite et hématite ;
- Pour le molybdène au contraire, un bon maintien, voire un léger enrichissement, des teneurs dans les horizons indurés. Cette observation confirme la stabilité de cet élément dans les conditions de pH relativement acide régissant la formation des phases à fer néoformées.

**Tableau 1**

*Haute-Volta – Goren : teneurs moyennes en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>, Cu, Mo dans les différents horizons du profil latéritique ; estimation des teneurs en roches fraîches (sondage)*

Horizon	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	SiO <sub>2</sub> %	Cu ppm	Mo ppm
Sol superficiel	10.7	77	182	85
Cuirasse + carapace	36.4	49	309	336
Argiles tachetées	26.1	58	434	324
Argiles bariolées	14.6	70	509	232
Roche fraîche (estimation)	–	–	1500	300

Pour tenter de préciser la localisation de ces deux métaux au sein des ferralites, nous avons soumis différents lots de matériaux de surface, seuls accessibles à l'échantillonnage direct et intéressant de ce fait le géochimiste d'une manière toute prioritaire, aux techniques d'extractions chimiques sélectives. La chaîne d'extraction utilisée s'est inspirée de celle préconisée par SONDAG (1981) ; les échantillons ont ainsi été attaqués successivement par des réactifs à base :

- D'hydroxylamine destinée à solubiliser les oxydes de manganèse et les traces métalliques associées ;
- D'un tampon acide oxalique-oxalate d'ammonium (réactif de TAMM) utilisé dans le noir, attaquant préférentiellement les oxydes-hydroxydes de fer peu ou pas cristallisés ;

- Du même tampon, mais sous rayonnement ultra-violet, mettant en solution les oxydes-hydroxydes de fer cristallisés.

Les résultats obtenus sont synthétisés en fig. 6, donnant le pourcentage des contenus métalliques extraits en fonction de la granulométrie des matériaux échantillonnés.

Trois faits majeurs se dégagent de ces diagrammes :

- Une association prépondérante entre le cuivre, le molybdène et les oxydes-hydroxydes de fer cristallisés. Les techniques mises en œuvre restent cependant trop frustes pour permettre d'identifier la nature minéralogique des phases porteuses majeures ;
- Un léger accroissement du contrôle de la répartition du cuivre par des phases amorphes plus abondantes dans les fractions granulométriques fines (<40  $\mu\text{m}$ ) ;
- Un enrichissement du cuivre dans les phases résiduelles silicatées (argiles), également dans les fractions fines.

Ce résultat traduit la possibilité de fixation de cet élément dans les phases argileuses néoformées, préfigurant les observations faites sur le prospect de la Petite Suisse.

4.3. A *la Petite Suisse* (fig. 1), nous avons également affaire à une minéralisation sulfurée disséminée dans une grano-diorite ; la pédogenèse ferralitique y est fortement tronquée et est relayée par une altération plus récente à dominante smectique. Celle-ci est à l'origine d'une redistribution du cuivre dans les minéraux néoformés.

Le bilan de cette répartition du cuivre a été cerné par une approche associant analyses chimiques globales, séparations granulométriques et analyses de phases prises séparément, analyses de minéraux préalablement purifiés, extractions sélectives et naturellement contrôles minéralogiques (LAVILLE-TIMSIT & MÖSSER 1982).

Ainsi, les extractions sélectives réalisées sur des échantillons prélevés à différentes profondeurs du profil verticale, permettent une première identification des phases porteuses majeures du cuivre (fig. 7). A la base du profil, environ 85% du cuivre sont contenus dans le résidu silicaté, essentiellement constitué de smectites et de minéraux interstratifiés du type vermiculite-biotite. En se rapprochant de la surface, on observe un transfert progressif du cuivre vers les phases ferrifères amorphes ou cristallines. Ce transfert s'accompagne d'une diminution du contenu global en cuivre, qui passe d'environ 5000 p.p.m. à 4 m à 1000 p.p.m. en surface.

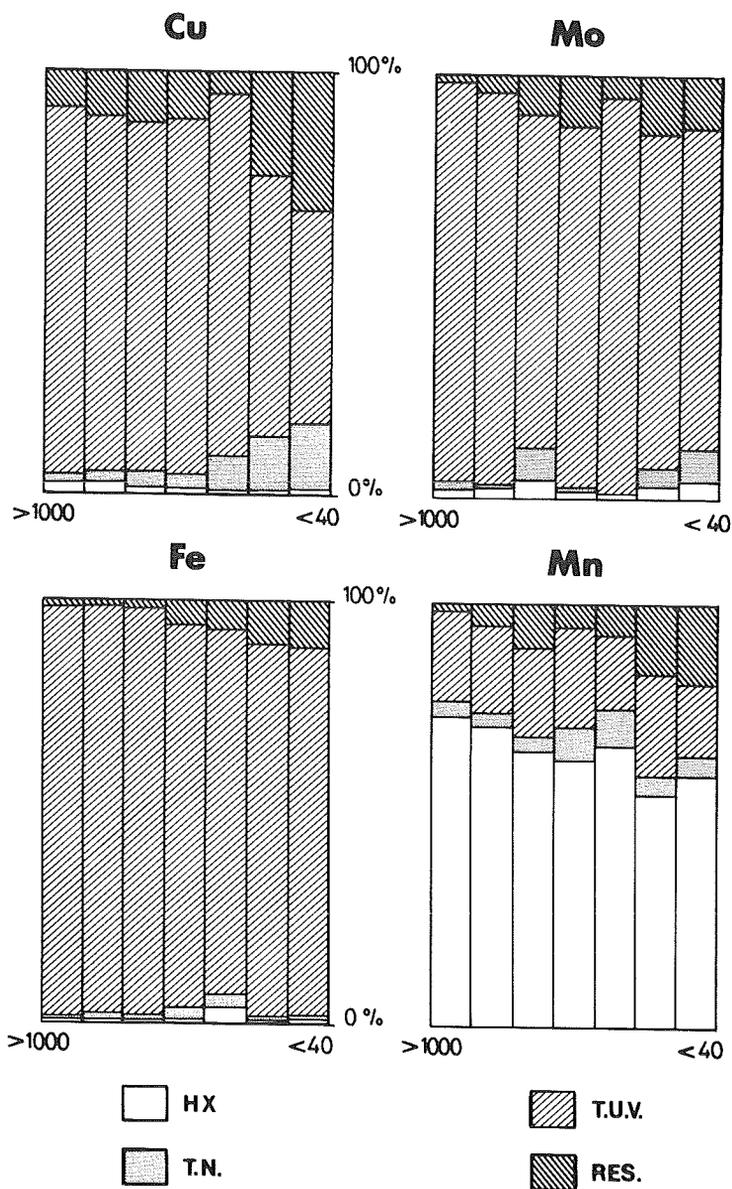


Fig. 6. — Haute-Volta — Goren : résultats d'extraction sélective pour Cu, Mo, Fe, Mn dans différentes tranches granulométriques de prélèvements superficiels : HX : attaque hydroxylamine ; TN : réactif de Tamm dans le noir ; T.U.V. : réactif de Tamm sous U.V. ; RES : résidu.

Les données sont exprimées en pourcentages du contenu total.

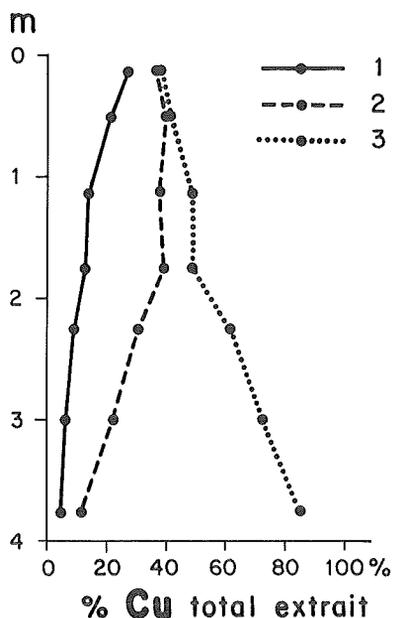


Fig. 7. — Haute-Volta — Petite Suisse : résultats des extractions sélectives dans la fraction granulométrique inférieure à 2 µm ; 1) pourcentage du cuivre dans les phases ferrifères «amorphes» ; 2) pourcentage du cuivre dans les phases ferrifères cristallines ; 3) pourcentage du cuivre dans le résidu silicaté.

Ce comportement du cuivre est donc très différent de celui reconnu en contexte ferrallitique et l'association de cet élément avec les silicates néoformés à la base du profil verticale, même si sa localisation précise n'a pas encore pu être élucidée, est à souligner.

## 5. Conclusions

Les quelques exemples qui viennent d'être décrits, tout en soulignant la diversité et la complexité des processus régissant le maintien ou l'évacuation des éléments d'un profil d'altération, nous ont permis d'appréhender les quelques vecteurs potentiels majeurs contrôlant la transmission du message géochimique au cours de la pédogenèse. Ceux-ci sont directement dépendants du type d'altération mais leur évolution semble pouvoir être modélisée suivant le schéma esquissé à la figure 8.

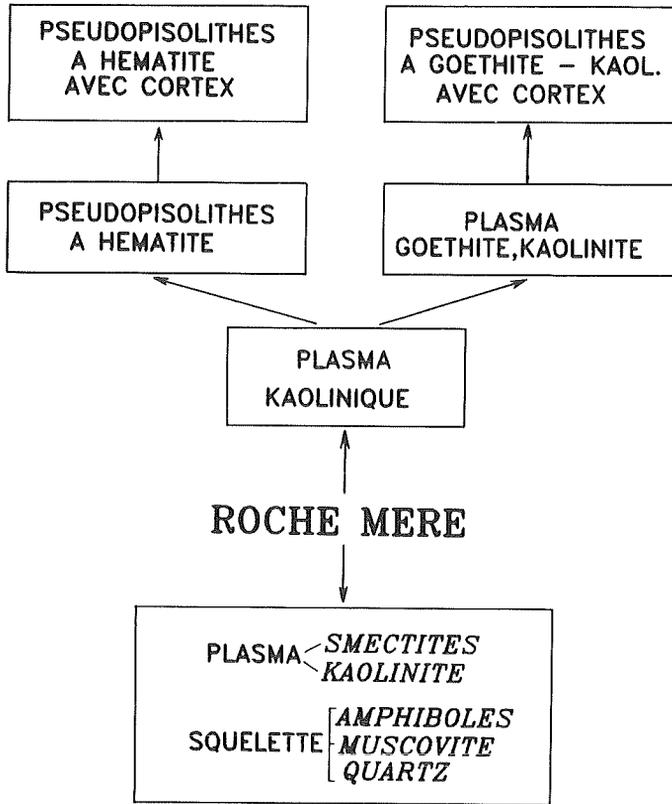


Fig. 8. — Schéma d'évolution minéralogique au cours de l'altération latéritique.

En fait, les comportements distincts selon les horizons échantillonnés et les éléments considérés ne font que refléter des états d'équilibre précaires et évolutifs entre métaux et phases néoformées. Cependant, l'information disponible à l'heure actuelle reste trop partielle pour permettre la formulation de règles générales régissant le comportement de tel ou tel métal sous l'effet d'une pédogenèse soit ferrallitique soit smectique.

Pour le prospecteur géochimiste, il s'agira donc d'appréhender au mieux, au niveau d'une reconnaissance régionale ou d'une phase de recherche plus focalisée, l'ambiance altérolologique des prélèvements susceptibles d'être collectés, sachant que la priorité doit être donnée, afin de maîtriser les prix de revient et les rendements, à l'échantillonnage de matériaux de surface.

Pour cela, deux orientations complémentaires sont préconisées :

- Description aussi fiable que possible du type d'altération affectant les prélèvements collectés ; en effet, le couple érosion-altération peut conduire à l'enchaînement rapide de situations pédologiques très contrastées induisant des équilibres géochimiques différents ;
- Utilisation de l'analyse multi-éléments offrant en particulier la possibilité d'estimer le bilan de la répartition des éléments majeurs ; cela permet de replacer un échantillon donné dans un espace « altérologique » précis par rapport aux pôles des oxydes et d'apprécier l'impact de cet environnement sur les contenus des traces métalliques.

Une teneur géochimique sera donc non seulement conditionnée par la lithologie et plus exceptionnellement par la proximité d'une minéralisation, mais également par l'histoire pédologique, souvent complexe de son support ; cela illustre toute la difficulté des approches à coordonner et situe le défi technique à relever.

#### BIBLIOGRAPHIE

- LAVILLE-TIMSIT, L. & MÖSSER, C. 1982. Compte rendu de fin d'étude : Action concertée DGRST « Prospection géochimique en milieu tropical », convention 79.7.1319. Annexe I : Petite Suisse. — Rapport Bur. Rech. Géol. Min., n° 82 SGN 406 GMX.
- LEPRUN, J. C. 1979. Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique Occidentale sèche. Genèse. Transformation. Dégradation. — *Sci. Géol. Mém.*, 58, 224 pp.
- PION, J. C. 1979. L'altération des massifs cristallins en zone tropicale sèche. Étude de quelques toposéquences en Haute-Volta. — *Sci. Géol. Mém.*, 57, 215 pp.
- SONDAG, F. 1981. Selective extraction procedures applied to geochemical prospecting in an area contaminated by old mine workings. — *J. Geoch. Expl.*, 15 (1-3) : 645-652.
- ZEEGERS, H. & LEPRUN, J. C. 1979. Evolution des concepts en altérologie tropicale et conséquences potentielles pour la prospection géochimique en Afrique occidentale soudano-sahélienne. — *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, 2 (2).
- ZEEGERS, H., GONI, J. & WILHELM, E. 1979. Geochemistry of lateritic profiles over a disseminated Cu-Mo mineralisation in Upper-Volta. Preliminary results. — *In* : Proceedings of the International Seminar on Lateritisation Processes (Trivandrum, India, 11-14 December 1979) : 359-368.