

**CARACTÉRISATION DES PRODUITS ISSUS DE L'ALTÉRATION
DE QUELQUES ROCHES DE LA RÉGION DE YAOUNDÉ
PAR MÉTHODE NORMATIVE**

G.E. EKODECK

Résumé

L'auteur par cette note présente la physionomie de la région de Yaoundé sur le plan de la pétrographie des roches du socle et sur celui de la constitution et de l'organisation de leurs produits d'altération. Des références à quelques travaux antérieurs permettent d'en donner une caractérisation classique. Puis il expose les grandes lignes d'un mode de caractérisation, inspiré de la méthode américaine C I P W , qu'il a mise au point et qui a deux principaux avantages. Le premier avantage réside dans le fait que ce mode de caractérisation repose sur les résultats de la détermination des éléments chimiques majeurs des produits d'altération : il est donc à la portée de tous les laboratoires susceptibles de s'intéresser aux altérations. Le deuxième avantage tient au fait que la recombinaison de ces éléments chimiques majeurs, qui ne tient compte d'aucun invariant, permet, non seulement d'établir une composition minéralogique virtuelle, mais aussi de dégager des paramètres qui permettent de quantifier rationnellement des notions qui jusqu'ici, sont demeurées essentiellement qualitatives comme le degré d'altération, de cuirassement ou d'ouverture du système d'altération.

L'inconvénient majeur de ce mode de caractérisation tient à la rigidité du cheminement qui du reste est inhérente à toute méthode normative de caractérisation des roches.

L'application de cette méthode au cas des produits d'altération de la région de Yaoundé en révèle l'intérêt, notamment lorsque les résultats obtenus sont comparés à ceux issus de quelques méthodes classiques de caractérisation des produits d'altération des roches silicatées en milieu tropical. L'extension du domaine d'application d'une telle méthode est en cours d'élaboration.

Mots clés : Cameroun - migmatites - gneiss - altération - minéralogie - pétrographie - géochimie - restructuration - lixiviation - cuirassement - confinement.

Summary

Through this paper, the author shows the Yaounde region countenance relating to the basement rocks petrography and to the weathered materials constitution and organisation. A characterization of these last materials is carried out, based on previous current methods. Then comes the presentation of the main guide lines for a new characterization method, worked out by the author of this paper, who took inspiration from the american C I P W method. This new method has two principal advantages. The first advantage comes from the fact that this method is based only on the determination of the chemical composition on major elements of the weathered materials : the method is therefore suitable for all the laboratories desirous to undertake investigations and studies on weathering. The second advantage derives from the fact that the resettlement of the available major chemical elements, which does not consider any of these as in varying, gives the way, not only to establish a virtual mineralogical composition, but also to determine some parameters through which the numerical expression of some alterological concepts becomes possible. The main instances among these concepts, which until then, were only qualitatively expressed are : the weathering degree, the hardening degree, the aperture degree of the weathering system.

The major inconvenience one can point out from this peculiar characterization method is the stiffness of its procedure, which finally is inherent to every normative method for rocks characterization.

The interest of this normative method has been established when applied to weathered materials from the Yaounde region, and particularly, its results have been satisfactorily compared to those issued from some current characterization methods for the silicated rocks weathering products of tropical areas. The extension of the application domain of this normative method is on study.

INTRODUCTION

Les conditions thermodynamiques qui règnent à l'interface continentale (Lithosphère-Atmo.bio.hydrosphère) font évoluer les roches aluminosilicatées jusqu'à l'individualisation de matériaux stables dans le milieu ambiant superficiel. L'altération est l'ensemble des phénomènes relatifs à cette évolution, l'hydrolyse constituant la base de ce que l'on appelle l'altération normale. Les produits qui en résultent ont reçu dans nos régions le nom de latérite.

De multiples méthodes et procédés ont été élaborés depuis le début de ce 20^e siècle pour caractériser ces produits. A l'origine, ces méthodes étaient purement chimiques, pour devenir, dans la deuxième moitié du siècle, physicochimiques et minéralogiques, avec des protocoles analytiques de plus en plus complexes. De plus, ces méthodes se sont diversifiées, pour se fonder, suivant la sensibilité et les aptitudes de leurs auteurs, soit sur l'étude thermodynamique des interactions entre les roches et les solutions interstitielles (FRITZ et TARDY, 1973, 1976), soit sur l'étude de l'évolution minéralogique et chimique à l'échelle du microsystème (PROUST, 1983). Les références citées ne sont que quelques exemples parmi tant d'autres. Cependant, la compréhension et l'évaluation quantitative de l'évolution d'une roche font intervenir des comparaisons chiffrées entre l'état initial et les diverses étapes de transformation sous l'action des agents météoriques, l'établissement des bilans s'effectuant par rapport à un invariant. Les principaux invariants considérés sont volumétriques (ex. : MILLOT et BONIFAS, 1955), chimiques (ex. : HARRISON 1933, LENEUF 1959) ou minéralogiques (ex. : LELONG, 1969).

Ce que l'on peut remarquer toutefois, c'est d'une part qu'aucun des invariants pris en considération ne l'est en fait rigoureusement, et d'autre part, que les notions communément utilisées, lorsqu'on a affaire aux latérites, comme le degré d'altération ou le degré de cuirassement, etc..., restent qualitatives et ne sont pas rationnellement chiffrées.

La méthode normative de caractérisation est un moyen globalisant qui permet de surmonter ces écueils, malgré son caractère artificiel qui est d'ailleurs inhérent à toute méthode normative. Après son élaboration, elle a été utilement appliquée aux produits résultant de l'altération des roches de la région de Yaoundé (EKODECK, 1984).

I - PHYSIONOMIE DE LA REGION DE YAOUNDE

1° Physiographie générale

La région de Yaoundé, qui peut être artificiellement limitée par les parallèles 3° et 5° de latitude Nord, et les méridiens 11° et 13° de longitude Est, est située sur la bordure occidentale du plateau du Sud Cameroun dont l'altitude moyenne est de 750 m (fig 1). Ce plateau présente une surface ondulée où on observe une alternance de collines et de vallées généralement gorgées d'eau. On peut aussi y observer quelques reliefs résiduels bien marqués.

Le passage vers la plaine côtière située à l'Ouest s'effectue par une succession de gradins. L'examen du profil en long des cours d'eau, comme le Nyong ou la Sanaga illustre très bien cette situation (fig 2).

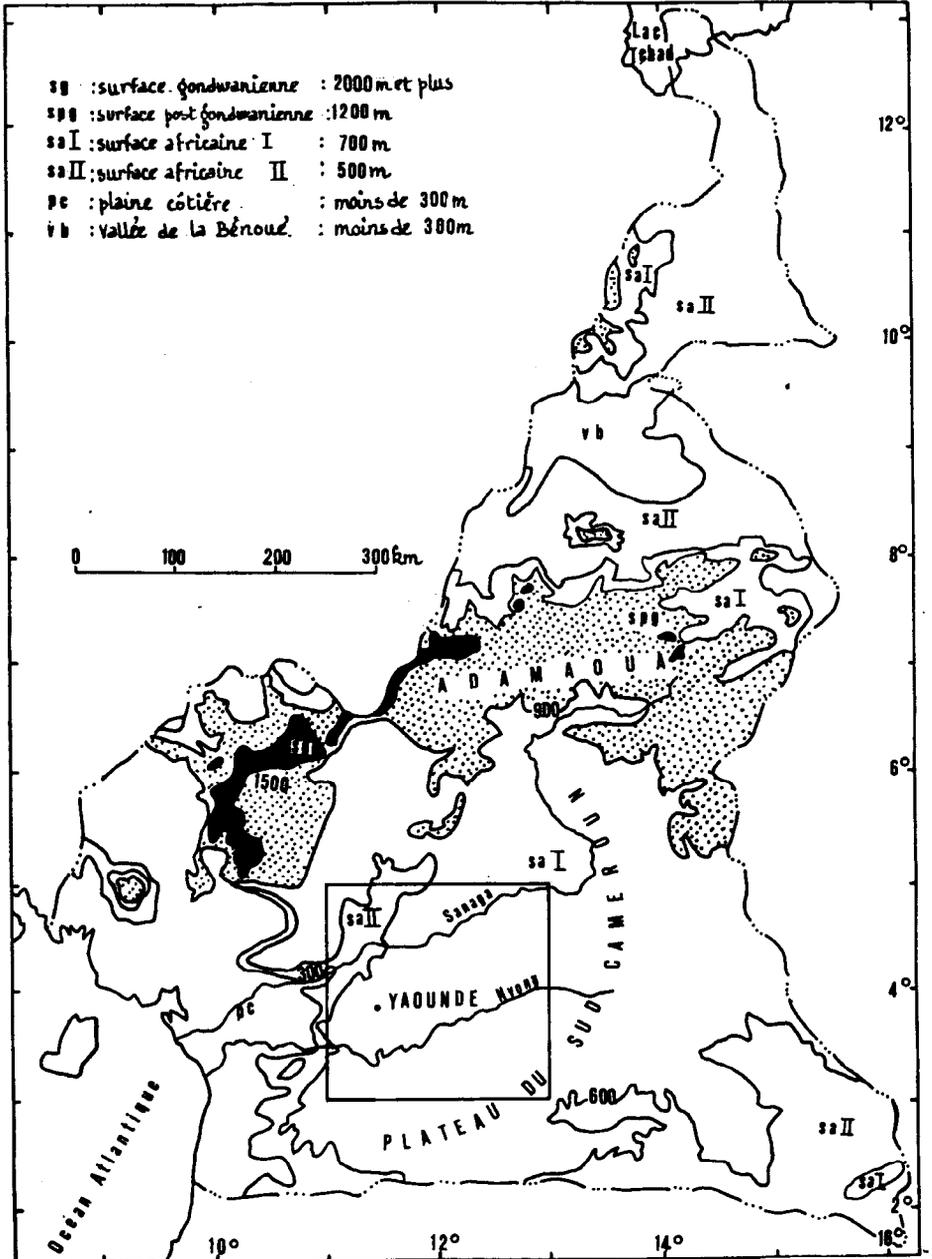


Fig. 1 - Carte géomorphologique générale du Cameroun (SEGALEN, 1967, modifiée) avec localisation de la région de Yaoundé (extrait de EKODECK, 1984)

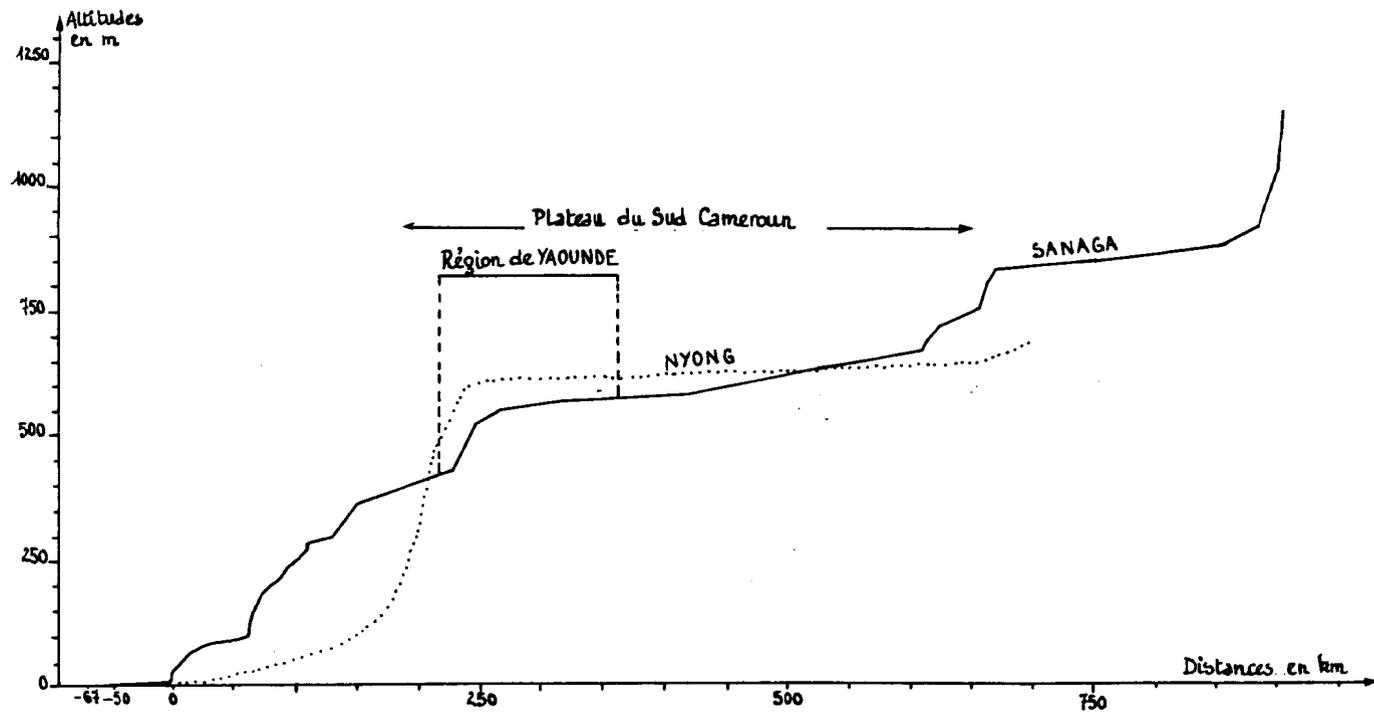


Fig. 2 - Profils en long de la SANAGA et du NYONG, simplifiés et harmonisés d'après les données respectives de DUBREUIL et al. (1975) et OLIVRY (1979). (Extrait de EKOUECK, 1984 et modifié)

Le climat y est de type équatorial à quatre saisons, deux humides et deux sèches. La température moyenne oscille autour de 24° C avec un écart d'environ 5° C. Les hauteurs de précipitation gravitent autour de 1 600 mm par an, l'écart entre les moyennes mensuelles maximale et minimale étant de l'ordre de 90 mm. Il s'agit donc d'une région chaude et humide dans laquelle les moyennes thermiques augmentent du Sud vers le Nord, et les moyennes pluviométriques du Nord vers le Sud. Ces caractères climatiques ne sont que la partie actuellement observable d'une alternance polycyclique de périodes arides (comme actuellement), et de périodes pluviales qui a pris place au Sud de la barrière saharienne au cours des temps tertiaires et quaternaires (PIAS, 1970), et qui a favorisé l'action des phénomènes d'altération sur les roches du socle, dont l'ampleur peut être utilement constatée sur le terrain à la faveur des tranchées routières et ferroviaires.

2° Les roches du socle

Les principaux groupes lithologiques de la région de Yaoundé qui présentent plusieurs faciès pétrographiques sont les migmatites et les gneiss intrudés par des roches plutoniques de nature variée. Ce groupe de roches auxquelles peuvent être associées des amphibolites est attribuable au complexe de base. On rencontre aussi des micaschistes, des quartzites micacés et des schistes quartzeux qui font vraisemblablement partie des séries intermédiaires (BESSELES et TROMPETTE, 1980). De tous ces groupes lithologiques, les plus répandus dans la région demeurent les migmatites et les gneiss. La distinction des unes par rapport aux autres, qui est essentiellement fondée sur l'importance relative des phénomènes de mobilisation est tellement hazardeuse qu'on préfère souvent utiliser le vocable composite de "gneiss migmatitique". Nous avons en effet observé (EKODECK, 1984) que les gneiss, tous faciès réunis (gneiss à biotite, amphibole et épidote, gneiss à deux micas, grenats et disthène, gneiss à biotite et grenats, etc...) avaient des teneurs modales et normatives en éléments blancs allant respectivement de 50 à 70% et de 65 à 85%, alors que les migmatites (stromatites à biotite et épidote, stromatites à microcline et biotite, nébulites à microcline et biotite) avaient des teneurs correspondantes égales ou supérieures respectivement à 70 et 85%. Les minéraux ubiquistes sont le quartz, les plagioclases acides et la biotite.

3° Les produits résultant de l'altération des roches du socle

Dans le Sud Cameroun, et en particulier dans la région de Yaoundé, on peut distinguer, avec VALLERIE (1973), quatre ensembles de produits d'altération :

- les sols minéraux bruts, présentant une altération chimique nulle,
- les sols peu évolués, qui présentent une faible altération chimique des minéraux silicatés,
- les sols hydromorphes, dont l'évolution est dominée par un engorgement aqueux temporaire ou permanent,
- les sols ferrallitiques enfin, pour lesquels l'altération chimique des minéraux primaires est très poussée voire complète. On note aussi pour ces sols la possibilité d'héritage de minéraux et d'élimination de la majeure partie des bases et de la silice.

Les sols ferrallitiques, qui sont de loin les plus importants, s'ordonnent en séquences pédologiques liées au modelé et comportant des unités fortement désaturées en bases sur le plateau, des unités faiblement désaturées en bases dans les vallées fluviales, et des unités moyennement désaturées en bases dans les zones de transition. Les profils développés présentent en séquence verticale, pour les plus complets qui correspondent aux unités fortement désaturées en bases, cinq horizons au dessus de la roche mère, que l'on pourrait regrouper en trois niveaux principaux (fig 3) :

- le niveau inférieur, correspondant à l'horizon altéritique, qui présente la texture de la roche mère,

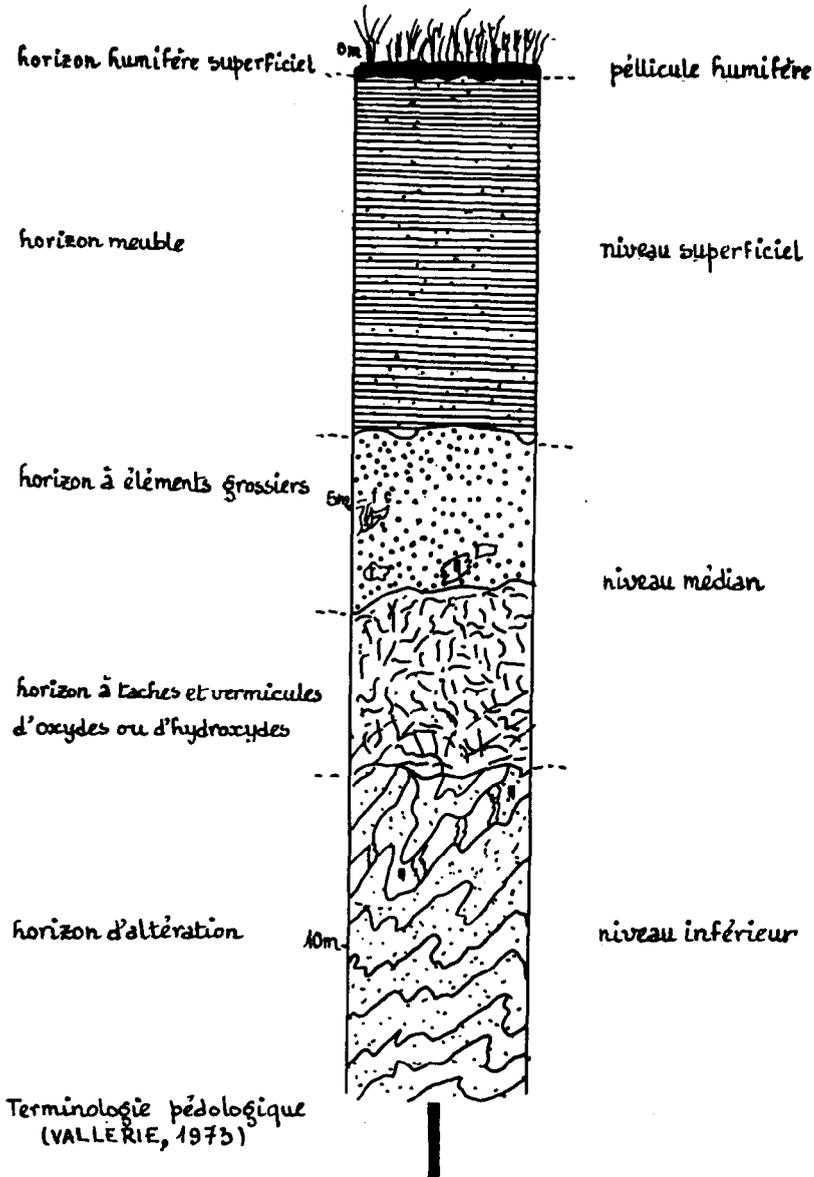


Fig. 3 - Un exemple de profil d'altération différencié de la région de Yaoundé (sol ferrallitique)

- le niveau médian, comprenant l'horizon à taches ou à vermicules d'oxyhydroxydes et l'horizon à éléments grossiers constitué de gravillons, blocs de cuirasse, fragments de roches, etc...,

- le niveau superficiel, comportant l'horizon meuble argilo-sableux et l'horizon (ou pellicule) humifère superficiel.

Si les profils observables à la faveur des tranchées routières et ferroviaires correspondent pour la plupart à ce schéma type, en certains endroits de la région de Yaoundé, notamment à proximité de la vallée de la Sanaga au Nord, les profils ne correspondent pas toujours au type classique et, pour certains d'entre eux, le niveau superficiel est souvent limité à la partie inférieure par une "stone line" à fragments de quartz plus ou moins arrondis, et le matériau est de remaniement récent, diluvio-colluvial et fluvial (fig 4).

Les études minéralogiques effectuées par analyse thermique différentielle ou par diffraction des rayons X sur la fraction fine des échantillons prélevés (fraction inférieure à 0,1 mm ou à 0,002 mm) présentent les résultats suivants par ordre de fréquence décroissante (EKODECK, 1984, 1985) :

- sur le plateau : kaolinite, halloysite, goethite, magnétite, quartz, gibbsite, chlorite, amphibole;
- en bordure de la Sanaga : goethite, illite, halloysite, magnétite, montmorillonite, talc, kaolinite, quartz, amphibole; ce cortège est aussi observé à proximité des Inselbergs ou près des autres grands cours d'eau.

Dans le premier cas les minéraux argileux ne sont représentés dans les profils que par des kandites, alors que dans le second cas, ces minéraux se relaient dans les profils, de bas en haut conformément à l'ordre suivant : illite - (smectite) - kandite.

Il résulte de ces observations, mais aussi d'autres observations comme la fréquence des minéraux primaires, la gamme des minéraux de néogène, l'importance quantitative des kandites dans les différents niveaux d'altération, que les formations du premier cas sont plus altérées que celles du deuxième cas. La quantification normative le montre d'ailleurs de façon très éloquent.

II - CARACTERISATION DES PRODUITS D'ALTERATION DE LA REGION DE YAOUNDE PAR METHODE NORMATIVE

1° Les grandes lignes de la méthode normative

C'est une méthode de restructuration inspirée de la méthode américaine C I P W dont l'usage est devenu classique pour les roches éruptives et pour certaines roches métamorphiques, celles susceptibles de dériver des roches éruptives. Elle consiste à combiner douze (12) constituants chimiques majeurs (SiO_2 , Al_2O_3 , H_2O^+ ou P.F., MgO , MnO , CaO , Na_2O , K_2O , Fe_2O_3 , FeO , TiO_2 et P_2O_5), pour l'aire apparaît en qualité et en quantité des minéraux étalons, choisis, pour la plupart, parmi les minéraux que l'on rencontre couramment dans les produits d'altération des roches et qui possèdent une formule de composition chimique relativement simple, ou simplifiable, ce qui permet de constituer une composition minéralogique virtuelle pour chaque produit d'altération. La gamme minéralogique complète comporte vingt et un (21) minéraux étalons.

Les groupes standards des minéraux susceptibles d'être reconstitués sont dans l'ordre :

- les minéraux peu ou non altérables non siliciques : apatite, ilménite, anatase, magnétite;
- les aluminosilicates calcoalcalins, qui représentent la phase silicatée résiduelle : orthose, albite, anorthite;

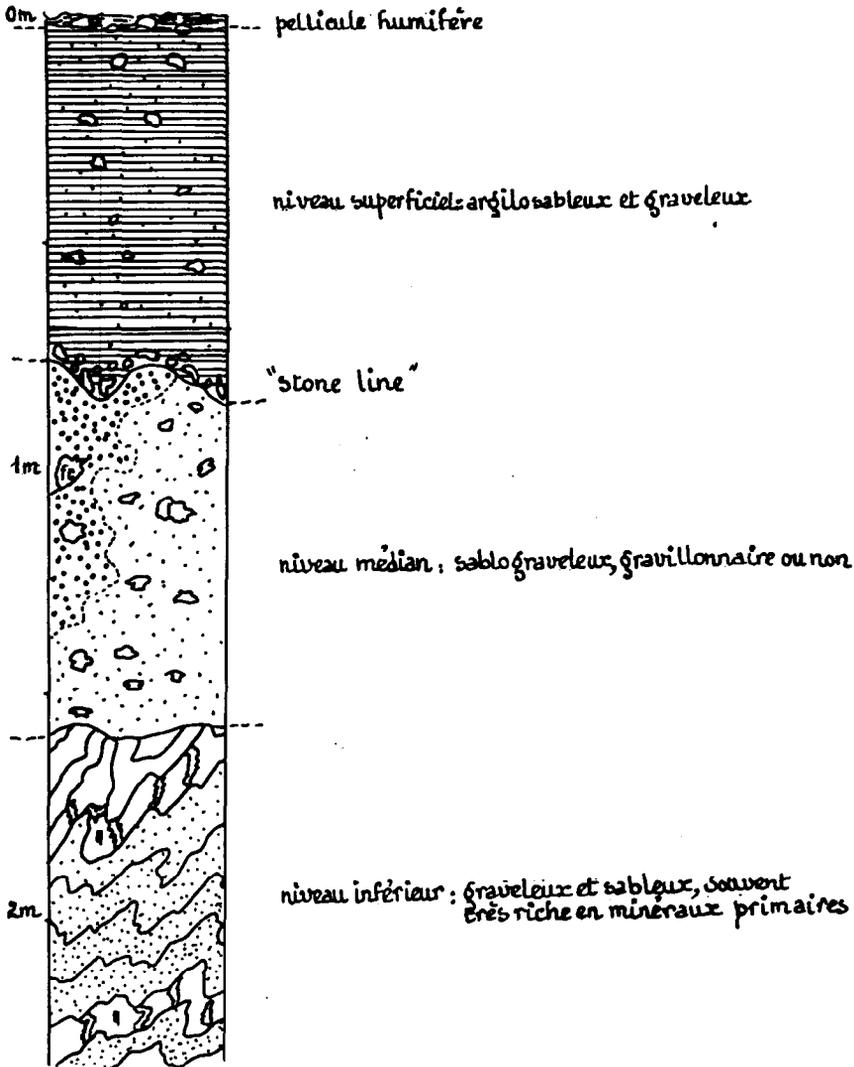


Fig. 4 - Autre type de profil fréquemment rencontré dans la région de Yaoundé, avec remaniement diluvio-colluvial et fluviale

- les silicates d'altération : séricite, daphnite, berthiérine, chlorite, stévensite, kaolinite;
- les oxyhydroxydes d'aluminium (corindon, gibbsite), de fer ferrique (hématite, goéthite), de manganèse (manganosite, pyrochrofte);
- la silice : quartz, silice amorphe.

Cette reconstitution séquentielle permet de définir des paramètres d'altération qui rendent possible l'établissement de comparaisons chiffrées entre des formations dont la diversité n'est plus à démontrer, et par conséquent, de classer ces dernières:

- la tendance alumineuse ou ferrique des oxyhydroxydes libres permet de définir la nature du produit d'altération;
- les minéraux de néogenèse, dont l'ordre d'apparition, connu dans le cas d'une altération progressive et différentielle, est susceptible de partir de la bisiallisation pour aboutir à l'allitisation, permettent de déterminer le degré d'altération virtuelle;
- l'importance relative des oxyhydroxydes par rapport à l'ensemble des minéraux, permet de déterminer le degré de cuirassement virtuel;
- l'importance des smectites et chlorites par rapport aux silicates d'altération et aux oxyhydroxydes d'aluminium, permet de déterminer le degré d'ouverture virtuelle du système d'altération.

2° Résultats de l'application de la méthode normative aux produits d'altération de la région de Yaoundé.

a) - Composition minéralogique virtuelle

La méthode normative, appliquée à 68 échantillons de matériaux latéritiques a permis de reconstituer le cortège des minéraux significatifs suivants :

a.1. Ordre de fréquence décroissante : résultats globaux

- sur le plateau (39 échantillons) :

quartz(q) - goéthite(g) - séricite(s) - gibbsite(g) - kaolinite(k) - chlorite(c) - albite(a) - hématite(h);

- en bordure de la Sanaga (29 échantillons) :

quartz(q) - albite(a) - $\left. \begin{array}{l} \text{anorthite(A)} \\ \text{goéthite(g)} \end{array} \right\}$ - chlorite(c) - $\left. \begin{array}{l} \text{orthose(o)} \\ \text{kaolinite(k)} \\ \text{gibbsite(G)} \end{array} \right\}$ - $\left. \begin{array}{l} \text{séricite(s)} \\ \text{hématite(h)} \end{array} \right\}$

a.2. Teneur pondérale

Les données se rapportant au plateau et à la bordure de la Sanaga figurent aux tableaux 1 et 2 .

Ces résultats montrent, autant par la fréquence que par la teneur pondérale des différentes classes minérales, que l'évolution de l'altération est plus avancée sur le plateau qu'en bordure de la Sanaga. La détermination des paramètres normatifs permet de chiffrer les caractéristiques de cette évolution.

b) - Valeurs des paramètres normatifs

b.1. Nature

eu égard à l'importance des oxyhydroxydes libres, les latérites de la région de Yaoundé sont des roches aluminoferrifères à holoferrifères.

b.2. Altération

L'évaluation de l'importance des minéraux alumineux et silicatés de néogénèse par rapport à l'ensemble silicates-oxyhydroxydes d'aluminium, a permis de déterminer l'indice de lixiviation potentielle (ilp) ou degré d'altération virtuelle. Cet indice peut être calculé en appliquant la relation suivante :

$$\text{ilp} = \frac{(\text{gibbs} + \text{cor})100 + (\text{kaol} \times 75) + (\text{phyllites de Fe et Mg} \times 25)}{\text{gibbs} + \text{cor} + \text{silicates}}$$

(N.B.: gibbs : gibbsite, cor : corindon, kaol : kaolinite, phyllites de Fe : daphnite et/ou berthiérine, phyllites de Mg : chlorite et/ou stévensite.)

L'indice de lixiviation potentielle est de 68% en moyenne sur le plateau et croît généralement de la base vers le sommet des profils. En bordure de la Sanaga, il est de l'ordre de 34% en moyenne et évolue, suivant les profils, de façon désordonnée d'un niveau à l'autre.

b.3. Cuirassement

En rapportant l'importance des oxyhydroxydes de fer, d'aluminium et de manganèse à l'ensemble des minéraux reconstitués, nous avons déterminé l'indice d'induration potentielle (iip) ou degré de cuirassement virtuel. La valeur de cet indice est donnée par la relation suivante :

$$\text{iip} = \frac{(\text{oxydes} + \text{hydroxydes de Fe, Al, Mn})100}{\text{tous les minéraux}}$$

On constate que cet indice est de l'ordre de 25% et de 13% en moyenne, respectivement sur le plateau et en bordure de la Sanaga. Dans la plupart des cas, il est plus élevé dans le niveau médian des profils, ce qui est fort compréhensible.

b.4. Confinement

Le degré d'ouverture du système a été déterminé par l'importance que prennent les silicates ferreux et magnésiens de néogénèse, vis-à-vis de l'ensemble silicates de néogénèse-oxyhydroxydes d'aluminium. On a défini ainsi l'indice de confinement potentiel (icp) ou degré d'hydromorphie virtuelle, dont la valeur est donnée par la relation suivante :

$$\text{icp} = \frac{(\text{phyllites de Fe et Mg}) 100}{\text{phyllites de Fe et Mg} + \text{kaol} + \text{gibbs} + \text{cor}}$$

Cet indice est de l'ordre de 1% sur le plateau et de 16% sur le bord de la Sanaga. Il est généralement plus faible dans le niveau médian des profils que dans les autres niveaux.

En résumé, à la lumière de la restructuration normative, les produits résultant de l'altération des roches de la région de Yaoundé sont aluminoferrifères à ferrifères. Ils sont très altérés sur le plateau et peu altérés en bordure de la Sanaga. Le degré de cuirassement virtuel moyen est faible et le milieu est bien drainé. Ces caractères généraux montrent que la différenciation des profils telle qu'elle peut être traduite par les données minéralogiques ou paramétriques est plus grande sur le plateau que sur le bord de la Sanaga. On retrouve globalement les caractères observables sur le terrain comme en laboratoire et mis en évidence par de nombreux auteurs comme VALLERIE (1973).

III - COMPARAISON DE LA METHODE NORMATIVE A QUELQUES METHODES CLASSIQUES DE CARACTERISATION DES PRODUITS D'ALTERATION

Les méthodes les plus usitées dans la caractérisation globale des produits d'altération dont les résultats pourraient être comparés à ceux de la méthode normative sont :

la méthode de D'HOORE (1964) et plus près de nous celle de LELONG et SOUCHIER (in BONEAU et SOUCHIER, 1979) pour ne citer que ces deux là. Les traits communs avec cette dernière méthode sont relatifs à l'intervention de calculs pétrochimiques, la différence essentielle étant que cette méthode de LELONG et SOUCHIER se réfère constamment au réel pour l'établissement de la composition minéralogique, ce qui implique l'intervention d'un protocole analytique assez complexe. De plus, pour l'évaluation du bilan, elle recourt à l'utilisation d'un invariant chimique ou minéralogique. Nous ne disposons pas encore de résultats susceptibles de nous permettre de faire des comparaisons entre cette méthode et la nôtre. Mais compte tenu des travaux en cours, de telles comparaisons interviendront certainement dans un avenir relativement proche.

Quant à la méthode de D'HOORE qui est encore très usitée à l'heure actuelle dans la caractérisation pédogénétique des sols, elle prend en compte sept caractères principaux pour aboutir à une nomenclature synthétique à savoir : le type de profil, le rapport limon/argile, les rapports $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ et $\text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$, le degré de différenciation des horizons, la réserve en minéraux altérables, la nature des minéraux argileux prédominants, la nature des oxyhydroxydes associés. De ces sept caractères, la méthode normative fait ressortir les quatre derniers qu'elle quantifie pour aboutir à une nomenclature analytique qui s'intéresse aux horizons pris individuellement.

Si nous considérons par exemple la réserve en minéraux altérables, suivant la méthode de D'HOORE, elle est appréciable dans les sols ferrugineux tropicaux, faible dans les ferrisols, et très faible ou inexistante dans les sols ferrallitiques. De ce point de vue, les sols de la région de Yaoundé sont ferrallitiques sur le plateau et ont une tendance ferrisolique en bordure de la Sanaga où on observe un fort remaniement de surface. Ces situations sont reproduites par la méthode normative qui donne les valeurs moyennes suivantes pour cette réserve (cf tableaux 1 et 2) :

- sur le plateau : niveaux superficiel, inférieur et médian, moins de 1%;
- en bordure de la Sanaga : niveau superficiel: 23%, niveau médian: 14%, niveau inférieur: 34%.

CONCLUSION

La méthode de restructuration normative des roches altérées, par les associations minérales qu'elle établit, mais surtout par les paramètres qu'elle définit, permet une saisie globale et rationnelle des mécanismes et phénomènes décrits par de nombreux auteurs, en quantifiant les notions d'usage courant dans le domaine de l'altération comme le degré d'altération, le degré de cuirassement, etc... Ainsi donc, malgré son caractère virtuel qui est inhérent à toute méthode normative, la méthode que nous venons de présenter donne des résultats qui, lorsqu'ils sont comparés aux observations naturelles ou aux résultats tirés d'autres méthodes de caractérisation, permettent de dire qu'elle reflète la réalité de façon satisfaisante.

Il convient de ne pas perdre de vue qu'il s'agit surtout de donner, pour les roches altérées ou supposées telles, une composition minéralogique, virtuelle certes, mais cohérente, dont la manipulation permet de sérier et de comparer tous les cas, des simples aux complexes, rencontrés dans l'étude des altérations, en minimisant la subjectivité. La méthode ainsi élaborée, qui, pour sa part, ne tient compte d'aucun invariant a priori, est de ce point de vue un guide de raisonnement efficace pour la compréhension et la saisie globale des phénomènes d'altération.

L'application de cette méthode aux produits d'altération autres que ceux de la région de Yaoundé est en cours. Elle permet d'ores et déjà, moyennant quelques réajustements, d'envisager une méthode généralisée de restructuration normative altérologique.

Teneurs (% pts) Niveaux	minéraux primaires	silicates d'altération	Hydroxydes
Superficiel (12 échantillons)	q: 44 ; a < 1	c < 1 ; s: 2 k: 26	G: 14 ; g: 9
Total →	44-45	28-29	23
médian (9 échantillons)	q: 46 ; a < 1	c < 1 ; s: 1 k: 40	G: 3 ; g: 34
Total →	46-47	41-42	37
inférieur (18 échantillons)	q: 48 ; a < 1	c < 1 ; s: 10 k: 20	G: 9 ; g: 10
Total →	48-49	30-31	19
tous niveaux réunis (39 échantillons)	q: 39 ; a < 1	c < 1 ; s: 5 k: 26	G: 9 ; g: 15
Total →	39-40	31-32	24

N.B.: q: quartz; a: albite; c: chlorite; s: séricite; k: kaolinite; G: gibbsite; g: goëthite...

Tabl. 1 : Teneurs pondérales en minéraux virtuels significatifs dans les niveaux des profils d'altération de la région de Yaoundé : zone de plateau

Teneurs (% pts) Niveaux	minéraux primaires	silicates d'altération	Hydroxydes
Superficiel (15 échantillons)	q: 41 ; o: 9 a: 10 ; A: 4	c: 1 ; s: 6 k: 10	G: 7 ; g: 5
Total →	64	17	12
médian (6 échantillons)	q: 25 ; o: 3 a: 7 ; A: 4	c: 2 ; s: 5 k: 29	G: 2 ; g: 8
Total →	39	36	10
inférieur (10 échantillons)	q: 20 ; o: 11 a: 13 ; A: 10	c: 8 ; s: 3 k: 9	G: 3 ; g: 3
Total →	54	20	6
tous niveaux réunis (29 échantillons)	q: 31 ; o: 8 a: 10 ; A: 6	c: 3 ; s: 5 k: 13	G: 5 ; g: 5
Total →	55	21	10

N.B.: q: quartz; o: orthose; a: albite; A: anorthite; c: chlorite; s: séricite; k: kaolinite; G: gibbsite; g: goëthite...

Tabl. 2 : Teneurs pondérales en minéraux virtuels significatifs dans les niveaux des profils d'altération de la région de Yaoundé : zone bordière de la Sanaga

BIBLIOGRAPHIE

- BESSELES, B., TROMPETTE, R. (1980) : Géologie de l'Afrique : La chaîne panafricaine, Zone mobile d'Afrique Centrale (partie sud) et Zone mobile soudanaise. Mém. BRGM, n° 92, 101 p.
- BONNEAU, M., SOUCHIER, B. (1979) : Pédologie, T. 2 : Constituants et propriétés du sol. MASSON et Cie Ed., Paris, 459 p.
- D'HOORE, J. L. (1964) : Soil map of Africa; scale 1 : 5 000 000, explanatory monograph. Comm. for Tech. Coop. in Africa. Publ. n° 93 Lagos, 205 p.
- DUBREUIL, P., GUISCAFRE, J., NOUVELOT, J. F., OLIVRY, J. C. (1975) : Le bassin de la rivière Sanaga. Monographies hydrologiques ORSTOM, n° 3 ORSTOM Paris, 350 p.
- EKODECK, G. E. (1984) : L'altération des roches métamorphiques du Sud Cameroun et ses aspects géotechniques. Th. Doc. d'Etat ès Sci. Nat., IRIGM, Univ. Grenoble I, 368 p.
- EKODECK, G. E. (1985) : Un mode global de caractérisation des roches en milieu tropical : la restructuration normative. Rev. Sci. et Tech., Sér. Sci. de la Terre, Vol. 1 n° 3-4 (sous presse).
- FRITZ, B., TARDY, Y. (1973) : Etude thermodynamique du système gibbsite-quartz-kaolinite-gaz carbonique. Application à la genèse des podzols et des bauxites. Sci. Geol. Bull., Vol. 26 n° 4, pp 339-367.
- FRITZ, B., TARDY, Y. (1976) : Genèse des minéraux secondaires dans l'altération des granites et roches basiques - modèles thermodynamiques. Bull. Soc. Géol. Fr., Vol. 18 n° 1 pp 7-12.
- HARRISON, J. B. (1933) : The catamorphism of igneous rocks under humid tropical conditions. Imp. Bur. Soil Sci. Harpenden, 79 p.
- LELONG, F. (1969) : Nature et genèse des produits d'altération des roches cristallines sous climat tropical humide (Guyane Française). Th. Doc. d'Etat, Fac. Sci., Univ. Nancy I, 182 p., et Mém. Sci. Terre n° 14, 188 p.
- LENEUF, N. (1959) : L'altération des granites calcoalcalins et des granodiorites de Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés. Th. Fac. Sci. Paris, 210 p.
- MILLOT, G., BONIFAS, M. (1955) : Transformations isovolumétriques dans les phénomènes de latéritisation et de bauxitisation. Bull. Serv. Carte Géol. Als. Lorr. n° 8 pp 3-10.
- OLIVRY, J. C. (1979) : Monographie du Nyong et des fleuves côtiers, T; 2 : Hydrologie du Nyong. Publ. IRTISS/ONAREST, Yaoundé, 230 p.
- PIAS, J. (1970) : Les formations sédimentaires tertiaires et quaternaires de la cuvette tchadienne et les sols qui en dérivent. Mém. ORSTOM n° 43, ORSTOM Ed. Paris, 407 p.
- PROUST, D. (1983) : Mécanismes de l'altération supergène des roches basiques. Etude des arènes d'orthoamphibolite du limousin et de glaucophanite de l'île de Groix (Morbihan). Th. Doc. d'Etat ès Sci Nat., Univ. Poitiers, 201 p.
- SEGALEN, P. (1967) : Les sols et la géomorphologie du Cameroun. Cah. ORSTOM, Sér. Péd. Vol. 5 n° 2, ORSTOM Paris, pp. 137-187.
- VALLERIE, M. (1973) : Contribution à l'étude des sols du Centre-Sud Cameroun. Type de différenciation morphologique et pédogénétique sous climat subéquatorial. Trav. et Doc. ORSTOM n° 29 ORSTOM Paris Ed., 111 p.