

GSJ: Volume 10, Issue 8, August 2022, Online: ISSN 2320-9186 www.globalscientificjournal.com

CARTOGRAPHIE DES FORMATIONS LATERITIQUES DE BUTUHE

Odhipio A. Déogratias, Daniel A. Isaac, Mukandala S. Pacifique

Author Details Odhipio Anguandia Déogratias, Enseignant à l'Université Officielle de Ruwenzori, RDC. E-mail: odhipiang@gmail.com

KeyWords

Latérite, Diorite, Pétrologie, Altération, Saprolithe, Butuhe.

ABSTRACT

Ce travail est une contribution à l'étude cartographique des formations latéritiques de Butuhe, en territoire de Beni. En effet, les latérites ou sols latéritiques sont une grande famille de sols qui se forment dans les régions tropicales humides. Ils résultent d'un processus d'altération d'une roche mère sous les climats tropicaux humides.

Ce pendant l'objet de cette étude est de décrire les formations latéritiques de Butuhe, de déterminer le profil type d'altération et de cartographier ces formations. Pour atteindre ces objectifs, nous avons procédé par la revue de la littérature, les récoltes des données sur le terrain, les traitements des données de terrain avec les logiciels : EXCEL (pour la saisie des données), QGIS version 3.16 et SURFER version 15 pour l'élaboration des cartes; et pour finir par l'interprétation des résultats.

A l'issue de cette recherche, la roche mère dont l'altération a donné la latérite de Butuhe est la diorite. C'est une des roches du complexe basique de la Luhule-Mobisio formé de métabasaltes, de dolérites, de diorites et d'îlots de quartzites. Le profil d'altération type de la latérite de Butuhe est caractérisé de haut vers le bas: d'un horizon cuirassé, suivi de celui de l'argile tachetée, de la saprolithe et d'une roche mère dioritique. C'est qui est tout à fait similaire à celui de Kalenda (2014) réalisé au Katanga en RDC.

Du point de vue cartographique, les formations latéritiques occupent la partie Nord-ouest de notre secteur d'étude, et s'étendent au-delà de la limite de celui-ci.

Introduction

1. Contexte

Depuis des décennies, l'étude des sols latéritiques connaît un regain d'intérêt, avec l'aménagement des infrastructures routières, concomitant au développement économique des pays de l'Afrique subsaharienne [32]. Les latérites et beaucoup d'autres sols des régions intertropicales sont situés dans des zones où il fait très chaud et où les pluies sont abondantes, soit toute l'année, soit au cours d'une saison humide [24,26].

En effet, c'est une roche rouge ou brune, qui se forme par altération des roches préexistantes sous les climats tropicaux [24,33]. Au sens large, les latérites désignent l'ensemble des matériaux, meubles ou indurés, riches en hydroxydes de fer ou en hydroxyde d'aluminium, constituant des sols, des horizons superficiels, des horizons profonds de profil d'altération [34,13].

Dans la zone intertropicale et plus spécifiquement dans les pays en voie de développement comme la République Démocratique du Congo, les formations latéritiques constituent presque 70% des matériaux utilisés dans le revêtement des couches de base des chaussées des routes [28,18,32].

L'utilisation accrue de ces formations est favorisée par leurs disponibilités et leurs faibles coûts d'exploitation [32,14]. De plus, l'essentiel des transports à plus de 70% est fait par voie terrestre, ce qui lui permet de désenclaver ses différentes régions [18]. C'est le cas avec les travaux des entreprises contructions (exemple Jerryson) qui réhabilitent continuellement les routes nationales et de dessertes agricoles dans le Nord Est de la RDC. Elles exploitent le gisement de latérite de la région (y inclus Butuhe) pour réaliser leurs travaux.

Par ailleurs, sur le plan pétrographique, le profil latéritique et la genèse de ces formations à toujours prêter confusions. C'est pourquoi une approche scientifique conduisant à une amélioration de la compréhension des latérites de Butuhe s'avère d'une grande nécessité, C'est la raison d'être de cette recherche scientifique.

2. Milieu d'étude

A. Cadre géographique

La localité de Butuhe (*faisant partie de notre zone d'étude*) se situe à 12km de la ville de Butembo au Nord-Ouest, dans la chefferie de Bashu et en territoire de Beni (fig. 1). Elle se limite par des petits villages, notamment: Au Nord-Est par le village Mambale; au Nord-Ouest par Muhila; au Sud par Vulindi; à l'Est par Lime; et à l'Ouest par Mulera et Mungo [1, 2].



Figure 1 : La carte de localisation de la région d'étude (Butuhe)

Butuhe se trouve dans un climat tropical humide avec une pluviosité de 1500 à 2400mm d'eau par an [1]. La température moyenne varie entre 18° et 22°C [2]. Le relief est caractérisé par une succession des collines et des montagnes avec une altitude moyenne est de 2050m [1]. Ces reliefs surélevés sont intercalés entre eux par des profondes vallées traversées par des petits ruisseaux (fig 2). Le sol de Butuhe est légèrement acide, avec un pH compris entre 4,5 et 6. C'est un sol rougeatre provenant de l'altération des roches volcaniques et plutoniques sous le climat tropical humide [1]. Il est peu apprécié par les agriculteurs pour l'agriculture. Il se caractérise aussi par une faible activité des micro-organismes souterrains et d'une toxicité liée à l'absorption de métaux comme l'aluminium (rendus plus solubles en sol acide). La végétation de la région est une savanne boisée [2]. On y retrouve des grandes plantations des thés, des eucalyptus et des bananier. La population pratique saisonnièrement la culture des haricots, quelques fois de manioc et de la patate douce [2]. La figure 2 ci dessous nous montre les aspects géographiques de la localité de Butuhe.



Figure 2 : Les aspects géographiques de la localité d'étude

Le territoire de Beni, en général est constitué de deux grands bassins hydrographiques. Ces deux bassins sont notamment celui de la rivière Semuliki à l'Est (vers le fleuve Nil) et celui de la rivière Ibina à l'Ouest (vers le fleuve Congo) [3]. Par ailleurs, la localité de Butuhe appartient au grand bassin versant de la rivière Ibina qui, à travers ses deux affluents (Lukalia et Luhule), s'alimente des eaux du secteur d'étude.

Outres ces puissants affluents, la localité de Butuhe est drainée par des petits ruisseaux et rivières: Biongere et Makamba (cette dernière est celle qui donne l'eau à la REGIDESO) [1]. Il a aussi des ruisseaux qui se déversent dans l'étang piscicoles qui alimente la mini-centrale hydroélectrique du CTB [2].

B. Cadre géologique

Géologie régionale du territoire de Beni

Le territoire de Beni, de part sa situation géographique, se localise pour sa majeure partie dans le Kibarien. Le Kibarien (d'âge

833

Mésoprotérozoïque) correspond aux monts Kibara ou la chaîne plissée Kibarienne qui s'étend du Sud de la R.D.Congo au Nord de la Tanzanie, en direction NNW-SSE, atteignant le rivage Nord du Lac Tanganyika et du Lac Victoria. La partie Nord de la chaîne plissée de Kibara est souvent appelée Burundien reposant en discordance sur un soubassement Kibalien [3].

Du point de vue chronologique, elle correspond à une zone de socle complexe d'âge variant de l'archéen au protérozoïque moyen. Elle est divisée en deux unités qui sont difficilement corrélables, car elle est traversée par un vaste fossé tectonique comblé par des séries fluviaux-lacustres et continentales d'âge allant du tertiaire à actuel [4, 5].

Cette zone de socle est recouverte localement par des formations sédimentaires du protérozoïque supérieur. Des rares témoins de dépôts fluvio-glaciaires moins anciens (paléozoïque) affleurent dans les vallées de l'Ibina, de la Biakatu et de l'Ituri au nord-ouest de la coupure [6, 7, 8, 9]. Les formations récentes, autres que celles du fossé des grands lacs alluviales ou latéritiques, n'ont pas été représentées.

Les formations Précambriennes (le kibalien) sont représentées dans le territoire de Beni par quatre ensembles [9, 10]. Du plus récent au plus ancien:

- ✓ Des formations sédimentaires subhorizontales peu à pas métamorphiques : le lindien (protérozoïque supérieur) ;
- Des formations faiblement métamorphiques (facies épigonal) plissées nettement discordantes sur les séries antérieures, d'âge protérozoïque moyen probable : les formations de la Luhule-Mobisio et la série de Lubero ;
- ✓ Des formations également plus au moins métamorphiques (facies épigonal à mezonal profond) d'origine sédimentaire ou volcano-sédimentaire ayant subi plusieurs tectoniques plicatives plus ou moins intenses : le kibalien ;
- ✓ Un substratum cristallin indifférencié, constitué de granites laminés et rétromorphosés passant à des orthogneiss.

Géologie locale du secteur d'étude

La circonscription de notre secteur d'étude (telle que présentée à la fig. 10 et fig. 11), appartient, pour sa majeure partie, aussi à la ville de Butembo. Ce qui se justifie par sa proximité. En effet, le contexte géologique de la ville de Butembo est tel que du Nord-Ouest au Sud-est (fig. 3), on a:

- ✓ Le complexe basique de la Luhule-Mobisio formé de métabasaltes, de dolérites, de diorites et d'îlots de quartzites [11, 4].
- L'assise sédimentaire de la Luhule-Mobisio composée de schistes, de quartzites avec des intercalations calcaires. Ces schistes datent du Burundien inférieur et moyen, c'est-à-dire d'environs 1235 ± 40 Ma [6]. Ces schistes, de couleur sombre et facilement détachables en plaquettes, intercalés d'importants bancs de quartzites sont sains sur des interfluves et altérés au bas des collines et dans les vallées. Ils sont très remarquables en bas de pente de la colline de Lwamiso et sur les collines situées à l'Ouest de la Kimemi. Ils constituent le plancher de cette rivière sous le pont de Biasa [11].
- ✓ Le complexe orthognéissique constitué d'un ensemble de granites et de granodiorites laminés et retromorphosés, parfois orthogneiss et migmatites homogènes. Ce complexe date de l'Anté-kibalien ou du Kibalien inférieur. Le Kibalien inférieur date d'environ 2800 Ma [7, 12]. Ils sont situés au centre et à l'Est de la ville. Une bonne partie du territoire urbain est bâtie sur ce complexe orthognéissique [11].
- ✓ La série de Lubero qui est constituée de micaschistes avec des intrusions granitiques, des phyllades, des schistes, des grès et des quartzites qui datent du Burundien inférieur [8, 10]. Ces roches sont situées à l'Est de la ville [11].



Figure 3: Carte géologique de la ville de Butembo d'après (Sahani, 2011-2012).

Révue de la littérature

En remontant à ses origines, Le mot « latérite » a été pour la première fois suggéré par Buchanan en 1807 pour désigner un matériau servant à la construction et exploité dans les régions montagneuses de Malabar (Inde) [13]. Buchanan le décrit comme suit: ce matériau présente l'aspect d'un dépôt ferruginisé, à morphologie vésiculaire. Il est apparemment non stratifié, et se situe en faible profondeur dans les sols. Lorsqu'il est frais il peut être découpé en blocs réguliers à l'aide d'un instrument tranchant. Exposé à l'air, il durcit rapidement et résiste remarquablement aux agents météorologiques [14, 15, 16]. Les latérites ou sols latéritiques sont une grande famille de sols qui se forment dans les régions tropicales humides. Ils résultent d'un processus d'altération particulier [17].

Sur le plan génétique, un sol latéritique se forme par la décomposition d'une roche mère telle qu'un basalte ou un granite sous les climats humides tropicaux [18]. Selon [19, 20], l'alternance des saisons humides et sèches bien marquées fait apparaître un mélange de débris du matériau d'origine et de minéraux de néoformation tels que gœthite (Fe₂O₃.H₂O), gibbsite (Al(OH)₃) et kaolinite (Al₂(Si₂O₅)(OH)₄). Quelques quartz et feldspaths, présents en faible quantité, forment le reste de la roche mère.

Par ailleurs, Lake (1890) dans son rapport sur la géologie des régions du sud de Malabar, donne une très bonne synthèse des premières hypothèses émises sur la formation des latérites en Inde. Il pensait que:

- ✓ La latérite est un produit résiduel d'altération des roches [21, 17, 22, 18] ;
- ✓ La latérite est un produit détritique et sédimentaire [23, 20, 24, 13];
- La latérite est d'origine volcanique [14, 25, 26, 20, 27, 28]

Cependant, toutes ses hypothèses ont été vérifiées et confirmés selon le cas. Par exemple pour la dernière hypothèse, l'analyse pétrologique d'une formation latéritique développée sur granite dans la région de Mvangan au Sud Cameroun [26, 29, 27, 30] a montrée qu'elle est constituée de trois grands ensembles d'horizons (fig.4-1), qui sont, de bas en haut:

- Un ensemble inférieur à kaolinite majoritaire, associée à l'halloysite et à la gibbsite, subdivisée en une allotérite à structure du granite partiellement conservée, surmontée par un horizon argileux bariolé dans lequel cette structure s'effondre progressivement vers le haut ;
- ✓ Un ensemble médian représenté par une dalle isaltéritique dure et continue, sauf à l'aval où elle est fragmentée. Cette dalle est caractérisée par la parfaite conservation de la texture du granite et par la présence quasi exclusive de gibbsite ;
- ✓ Un ensemble supérieur à kaolinite, regroupant des horizons globulaires ferrugineux et des horizons argileux meubles dont aucune de leurs organisations, ni leur composition géochimique, ne rappelle la dalle isaltéritique sous-jacente.



Figure 4 : Le profil d'altération des latérites (1) dans la région de Mvangan au Sud Cameroun1 [27] et (2) dans le manteau latéritique d'après Bernard G. Pelletier, 2003 cité dans [31]

Selon Kalenda (2014), un profil d'altération typique des massifs latéritiques contient les grands ensembles suivants (du haut vers le bas du profil) : une cuirasse et carapace (formation massive à oxydes de fer et d'aluminium, quartz, kaolinite) ; une formation tachetée (formation nodulaire à oxydes de fer et d'aluminium, quartz, kaolinite) ; une saprolithe fine ou lithomarge (une zone saturée d'eau à quartz, marquée par la dominance des minéraux secondaires d'altération) ; une saprolithe grossière ou arène: formation dominée par la nature de la roche mère, possédant des fragments de roche et des minéraux primaires en grains séparés; et enfin d'une roche mère silico-alumineuse. La figure suivante va nous présenter le profil type de l'altération théorique dans le manteau latéritique (fig. 4-2).

De plus, selon Walther (1915), le profil caractéristique d'une région présentant une saison sèche est constitué à la base d'une roche non altérée avec une densité qui peut tourner autour de 2,7 (granite et roches voisines), surmontée d'une couche de plusieurs mètres dans laquelle les minéraux semblent intacts, lorsqu'on les observe de loin [23, 16, 20, 32, 13]. Mais en réalité, ils sont profondément altérés et corrodés. Un couteau la pénètre. La densité tombe à 1. Le matériau a donc déjà perdu par dissolution plus de la

¹→*Ensemble supérieur:* 1.Horizon argileux brun jaune ; 2.Horizon argileux brun clair ; 3.Horizon brun rougeâtre ; 4.Horizon nodulaire ferrugineux ; 5.Horizon à blocs de cuirasse ; 6. Horizon caillouteux ferrugineux ; →*Ensemble médian* : 7. Fragments d'isaltérite dure ; 8. Dalle d'isaltérite dure ; →*Ensemble inférieur*: 9. Horizon argileux bariolé; 10. Allotérite ; et →*Puits d'observation* : P1, P2, P3, P4 et P5

GSJ© 2022 www.globalscientificjournal.com

moitié de sa masse. C'est la roche pourrie, la saprolithe.

Plus haut encore dans le profil, l'évolution est telle que les minéraux de la roche ne sont plus clairement visibles sauf dans quelques poches. C'est la limite de la roche: la lithomarge. Son allure typique est bariolée. Encore plus haut dans le sol, les oxydes de fer dominent en trois couches successives. A la base, ils apparaissent en taches; c'est la zone tachetée. Plus haut, le fer est suffisamment abondant pour lier entre eux les minéraux présents, les masquer par enrobage et former au total une cuirasse résistante dont la densité dépasse 2. Mais elle contient encore au moins 25% de kaolinite. La figure 6 nous montre le profil type des sols ferrugineux dit profil de Walther.



Figure 5: Le profil type des sols ferrugineux, dit profil de Walther 1915.

Pour Temgoua (2002), dans le profil d'altération des latérites en zone de savane, les cuirasses restent épaisses, continues et légèrement fragmentés par les processus mécaniques. Elles couvrent la partie superficielle des paysages et s'entretiennent verticalement en se dégradant vers le haut des profils et en se reformant à la base à partir des altérites, des argiles tachetées et des carapaces. Par contre, dans le profil d'altération des latérites en zone tropicale humide sous ambiance forestière, les cuirasses ferrugineuses sont discontinues en blocs enfouis dans un épais manteau argileux meuble sur les altérites. Elles se seraient formées sous des climats très différents du climat actuels [30].

Toujours dans la même optique, Idrissa (1993) dans sa thèse : la contribution à l'étude des graveleux latéritiques dans les pays du Sahel, a établi un profil d'altération des latérites pour une zone à climat tropicale sèche et une zone à climat tropicale humide (fig. 4).



1 – cuirasse, 2 - accumulations ferrugineuses actuelles, 3 - niveau argileux meuble, 4 – altérite, 5 - roche,
6 - migration verticale descendante du fer, 7 - évolution remontante des accumulations ferrugineuses à la base des profils, 8 - migration latérale du fer, 9 - évolution latérale des accumulations ferrugineuses de bas de versants.

Figure 6 : Le profil d'altération des latérites en zone de savane (A) et en zone forestière (B)

Sous le climat tropical sec, il constate que les profils d'altération se succèdent respectivement de bas vers le haut d'une roche saine, suivie d'une zone d'attaque de la roche-mère, puis d'une zone d'accumulation absolue et pour finir vers le haut par une zone de lessivage [33]. Tandis que sous le climat tropical humide, dans le même ordre que précédemment, on a la roche saine, suivie d'une zone de départ de l'altération, puis d'une zone d'altération et concentration de kaolinite de synthèse, surmontée par une zone de concentration relative de gibbsite et de goethite, une zone de lessivage, une zone de concentration absolue d'oxydes et d'hydroxydes de Fer, et enfin au sommet du profil, une zone d'accumulation de sables argileux [33]. La figure 8 nous montre l'altération de latérites pour une zone a climat tropical sèche et humide.



Figure 7 : Le profil d'altération des latérites pour une zone à climat tropicale sèche (A) et une zone à climat tropicale humide (B)

Afin de généraliser ou d'élaborer un profil type, Maignien (1966) proposant un profil à quatre niveaux, dont: les horizons de surface, les horizons d'accumulation des sesquioxydes, les horizons argileux (le plus souvent la kaolinite), les horizons d'altération [23]. La figure qui représente les horizons proposer par Maignien est la suivante (fig. 9)



Figure 8 : Le profil latéritique type de Maignien [32]

En bref, ces travaux de nos prédécesseurs présentent beaucoup de similarité avec notre thème de recherche, car tous ces travaux essayent de traiter un aspect des formations latéritiques, bien que les milieux d'étude et objectifs diffèrent. C'est pourquoi, dans notre travail, nous allons nous inspirer de leurs résultats surtout concernant les coupes géologiques (profil latéritique) pour comparer et discuter nos résultats de terrain.

Matériels et Méthodes

1. Matériels de terrain

Pour notre étude sur le terrain, nous avons fait usage des matériels suivants:

- ✓ Un GPS de marque Garmin (de précision 3 mètres): pour le prélèvement des coordonnées géographiques ;
- Un marteau pour géologue pour le prélèvement des échantillons ;
- ✓ Une boussole et clinomètre de marque Sylva Ranger pour prendre des mesures structurales ;
- ✓ Une loupe de grossissement x 10 pour permettre l'observation et la description macroscopique des minéraux ;
- ✓ Un carnet de terrain, un stylo et un crayon pour l'enregistrement des données sur le terrain ;
- ✓ Un appareil photo numérique pour la prise des images ;
- ✓ Un mètre ruban pour mesure la dimension de chaque horizon des sols et des galets ;
- ✓ Un aimant pour l'analyse de magnétisme
- ✓ Et les équipements de géologue pour de randonné sur terrain comme les bottes, imperméable, un casque, une lunette.

2. Récolte des données sur le terrain

Pour réaliser cette étude, les coordonnées géographiques de la région de Butuhe (la latitude, longitude et l'altitude) ont été prélevées moyennant un GPS. Ces coordonnées ont été mesurées sous format UTM et de la zone 35 N avec une précision de 3m. Par contre, les mesures structurales des quelques éléments structuraux rencontrées sur terrain, notamment: les directions des éléments structuraux (surtout les éléments planaires) ont été prises en utilisant la boussole; et les pendages et les inclinaisons des structures

GSJ© 2022 www.globalscientificjournal.com linéaires ont été mesurés grâce à un clinomètre. Le repérage de ces éléments structuraux a été fait suivant la méthode de la main droite.

Dans ce même angle d'idée, nous avons utilisé l'observation et la description comme technique et méthode d'étude de cette formation latéritique. Pour la description pétrographique, nous avons utilisé un marteau pour casser un échantillon de roche afin d'accéder à la partie saine de la roche. Nous avons utilisé l'aimant pour apprécier la susceptibilité magnétique des minéraux. Ainsi, grâce à une loupe de grossissement X10, nous avons observé et décrit la texture, les propriétés physiques des minéraux constituants la roche, et enfin proposé un nom à la roche. Par ailleurs, dans la description pédologique des profils latéritiques, nous avons utilisé un mètre ruban pour déterminer les épaisseurs de chaque horizon latéritique et un appareil photo pour la prise de l'image du profil. Cette description a consisté à énoncer le degré d'altération du sol, son état, sa coloration et les minéraux d'altération présents dans le sol. Toutes ces informations ont été enregistrées dans un carnet de terrain grâce à un stylo et un crayon.

3. Traitement et analyse des données

Les données de terrain ont été saisies en Excel et portées dans les différents logiciels pour des traitements spécifiques, conformément aux procédures reprises dans les tutoriels respectifs. Les différentes cartes, notamment: les cartes géographiques aux figures 1 et 2 et la carte d'échantillonnage de la zone d'étude à la figure 10, ont été réalisées à l'aide de logiciel QGIS version 3.16 à partir de données de terrain combiné à la base des données RGC. La carte géomorphologique en trois dimensions (fig. 2), les cartes géologiques (fig. 11 et 13), les coupes géologiques (fig. 11), la carte de localisation des carrières d'exploitation de latérite et de profil latéritique (fig. 12 et 14) ont été élaborées à l'aide du logiciel surfer 13.

Résultats

1. Description des affleurements

TABLEAU 1 : DESCRIPTION PÉTROGRAPHIQUES DES QUELQUES AFFLEUREMENTS DES ROCHES À BUTUHE

N°	Coordonnées géogra- phiques [en UTM]	Descriptions pétrographiques	Photos
01	753440 22503 1988	Une roche contenant les oxydes de fer visible tels que l'hématite, la goethite et surtout la magnétite en abondance. Elle a une moyenne susceptibilité magnétique comme le révèle son pouvoir d'attraction d'un aimant. Elle est très altérée, mais elle garde encore la structure massive originelle de la roche mère. Elle contient beaucoup des vides de dissolution. Les grains de quartz résiduels sont encore présents dans la roche. La roche serait une latérite.	
02	756091 23752 1885	lci on a un affleurement un peu complexe, ce massif présente des petites stratifications entrecoupées par des filons de quartz et de micas noirs (la biotite probablement). A part ces deux structures, on observe aussi la schistosité dans la roche litée. Sa coloration est grise à noirâtre. La roche serait un schiste	
03	756068 23559 1899	Il s'agit d'un massif (un batholite) avec une couleur grise, sur lequel il y a beaucoup des cassures ouvertes et des cassures remplis (filon de quartz et des minéraux sombres non identifiés) La texture de la roche est microgrenue avec des minéraux tels que le quartz, les micas et des feldspaths. Mais aussi, on peut observer sur la roche des vides de dissolution et des pyrites distinguables à la loupe. La roche serait une diorite	
04	756384 23214 1841	Ici on rencontre un affleurement d'une roche microgrenue, de cou- leur grise à verdâtre, qui s'altère d'une manière extraordinaire, avec le degré de l'altération qui évolue en décroissant de l'extérieur vers l'intérieur d'une manière concentrique. On dirait qu'elle épouse la structure de l'oignon en s'altérant ou quand il est frappé au mar- teau. Elle contient quelques grains de quartz, des feldspaths et des micas (surtout la biotite) et beaucoup d'autres minéraux sombres. Elle serait la dolérite.	

838

2. Carte d'échantillonnage de la zone d'étude

Cette figure 11 présente la carte d'affleurement de la zone d'étude. Elle reprend tous les affleurements qu'on a pu rencontrer sur terrain. L'importante information qu'elle nous fournit est la répartition dans l'espace de ces points de croisement de différentes couches avec la surface de la Terre. Son examen, nous montre que vers le Nord-Ouest, on rencontre des formations latéritiques, tandis que vers le Sud – Est du secteur d'étude, on a surtout des affleurements des schistes. Entre ces deux types de roche, on a les affleurements de diorite et vers le Nord Est, on trouve des dolérites.



Figure 9: la carte d'échantillonnage de la zone d'étude

3. Cartes et Coupes géologiques réalisées dans la zone d'étude

La carte géologique de notre secteur d'étude montre que vers le Nord-ouest, on a des latérites, tandis que vers le Sud – Est du secteur d'étude, on a surtout des schistes. Entre ces deux roches, on retrouve des diorites et vers le Nord Est, on trouve des dolérites.



Figure 10: la carte et les coupes géologiques

Les coupes géologiques réalisées dans le secteur d'étude montrent que la plus vieille formation du secteur d'étude est le schiste, au-dessus de celle-ci, repose la diorite et vers le Nord-est la dolérite. La latérite quant à elle, repose au-dessus de la diorite.

4. Etude des profils pédologiques de la zone d'étude

Suivant la carte géologique à la figure 11, notre secteur d'étude est recouvert dans sa partie Nord-Ouest par les formations latéritiques. L'altération de ces formations donne un sol rougeâtre avec une évolution du profil très complexe. C'est ainsi que les détails de ces horizons sont très importants pour connaitre le profil pédologique de latérite de Butuhe. Pour y arriver, nous nous sommes servis de différentes carrières d'exploitation des latérites. Tout simplement parce que le profil pédologique nous a paru très accessible à ces endroits qu'à nul autre endroit dans le secteur d'étude. Nous avons inventorié quatre carrières d'exploitation de latérite. Et chacune de ces carrières avait en moyenne un profil qui mesure 5m de profondeur.

1°) Description des profils latéritiques dans les carrières d'exploitation

Description de profil dans la carrière n°1



Zone de démantèlement de la cuirasse : c'est un horizon à aspect conglomératique (un pseudo-brèche) contenant des graviers de dimension décimétrique de couleur rougeâtre, mélangé à des minéraux argileux (Kaolinite) et la goethite y est abondamment visible.

Zone tachetée à structure pisolithique légèrement indurée contenant de nombreux nodules ferrugineux soudés entre eux par un ciment argileux. La goethite et les grains de quartz sont très visible. Mais on peut également observer dans cette couche, des gros galets de quartz légèrement émoussés de dimension centimétrique à décimétrique.

Description de profil dans la carrière n°2



Horizon tacheté (en plein démantèlement par l'exploitation humaine) à structure pisolithique non indurée constitué des concrétions pisolithiques enrobés dans un sol fin. Les oxydes de fer comme la goethite, l'hématite et les grains de quartz sont très visible. C'est serait une latérite graveleuse.

Description de profil dans la carrière n°3



Description de profil dans la carrière n°4



Horizon constitué essentiellement des gros blocs rougeâtre très altérés, et probablement très riches en oxydes de fer au vue de sa coloration. Ces blocs contiennent à grandes quantités des grains de quartz et de la magnétique. Ils ont un pouvoir d'attraction très moyen face au stylo magnétique. La structure de la roche mère est encore visible et peut être facilement devinable. C'est la cuirasse en voie de démantèlement (exploitation artisanale).

> Zone de démantèlement de la cuirasse : c'est un horizon à aspect conglomératique (un pseudo-brèche) contenant des graviers de dimension décimétrique de couleur rougeâtre. Identique à celle décrite au niveau de la carrière N°1. La présence des minéraux argileux et des oxydes de fer est remarquable.

> Zone tachetée à structure pisolithique légèrement indurée d'aspect très compact contenant de nombreux nodules ferrugineux soudés entre eux par un ciment argileux. Comme précédemment, cette couche est aussi identique à celle décrite au niveau de la carrière N°1.

2°) Localisation des carrières et profil pédologique

Les carrières d'exploitation des latérites dans le milieu d'étude se localisent surtout vers le Nord-Ouest. Ce qui se justifie par l'emplacement de cette formation latéritique dans le secteur. A titre illustratif, sur ce profil ci-dessous, la couleur marronne indique une cuirasse latéritique, tandis que la couleur brune représente l'Argile tachetée. Nous constatons que dans les carrières n°1 et n°4 respectivement symbolisées par C1 et C4, l'argile tachetée est recouverte par une couche de cuirasse (bien qu'en voie de démantè-lement). Tandis que dans les carrières n°2 et n° 3, représentées respectivement symbolisées par C2 et C3, nous observons une exception à la règle précédente, qui se justifierai sans doute par l'érosion au niveau de C2 et l'absence de celle-ci au niveau de C3.



Figure 11 : le profil pédologique dans les carrières d'éxploitation

GSJ© 2022 www.globalscientificjournal.com

Discussion

1. De la carte géologique

Tenant compte de l'appartenance d'une partie de notre secteur d'étude et de sa proximité à la ville de Butembo, nous nous sommes ressourcés de cette carte géologique élaborée par BRGM pour la RDC, y inclus sa partie Est [12] et réadaptée par Sahani, M. à la ville de Butembo [11]. La figure 3 nous présente la carte de la localisation de notre secteur d'étude sur la carte géologique de la ville de Butembo.

En effet, cette carte géologique de la ville de Butembo met en évidence quatre types de formations géologiques, notamment du Nord-ouest au Sud-est, on distingue : Le complexe basique de la Luhule-Mobisio (ensemble constitué de métabasaltes, de dolérites, de diorites et d'îlots de quartzites) ; l'assise sédimentaire de la Luhule-Mobisio (composée de schistes, de quartzites avec des intercalations calcaires) ; le complexe orthognéissique (formé d'un ensemble de granites et de granodiorites laminés et retromorphosés, parfois orthogneiss et migmatites homogènes) ; et enfin la série de Lubero (constituée de micaschistes avec des intrusions granitiques, des phyllades, des schistes, des grès et des quartzites).

De ces quatre grands ensembles lithologiques, suivant la classification utilisée par nos prédécesseurs, deux premiers types de formations traversent notre secteur d'étude. Il s'agit du complexe basique de la Luhule-Mobisio et de l'assise sédimentaire de la Luhule-Mobisio. (Luhule et *Mobisio* sont des grandes rivières appartenant toutes au grand bassin hydrographique du fleuve Congo. De plus la rivière Luhule est considérée comme le plus grand collecteur de notre secteur d'étude, (fig. 2)).

Cette découverte est très intéressante, car elle nous fait déjà sous attendre la présence des roches comme les métabasaltes, les dolérites, les diorites et les quartzites dans la grande partie de notre secteur d'étude, mais aussi des roches comme les schistes et des quartzites avec des intercalations calcaires vers la partie Sud-Est de notre zone d'étude.

Dans le contexte de notre secteur d'étude, toutes ces roches sont considérées comme les formations du substratum (le sous bassement), c'est-à-dire elles constituent le socle de la région. Tout en restant dans cette logique et se référant à nos résultats de terrain, nous avons été en mesure d'élaborer la carte géologique du secteur d'étude en utilisant uniquement les formations du substratum présentes dans le secteur (fig. 13).



Figure 12 : La carte géologique de Butuhe avec uniquement les formations du substratum

Cette interprétation nous a permis de mettre en évidence l'existence des diorites, des dolérites et des schistes dans le secteur d'étude. Leurs limites et leurs distributions se concordent presque parfaitement avec celles sur la carte géologique élaborée par nos prédécesseurs. Essayant d'appliquer la catégorisation suivant la classification de nos prédécesseurs, nous disons que le complexe basique de la Luhule-Mobisio est bel et bien représenté dans notre secteur d'étude par la diorite et la dolérite respectivement indiquée par la couleur jaune et verte sur la carte géologique (fig. 13). Ce complexe occupe la majeure partie de notre zone d'étude. Et par extrapolation, nous dirons que son extension va plus loin à l'ouest et au-delà de la limite de notre région d'étude. A part celui-ci, l'assise sédimentaire de la Luhule-Mobisio est aussi présente dans la région, elle est représentée par le schiste, illustré par la couleur violette sur la carte géologique (fig. 13).

Néanmoins, ces affirmations ci-haut ne nous obligent pas à ignorer la présence imposante et non négligeable des formations de la

couverture, les latérites. C'est la raison d'être de la carte géologique à la figure (11). Ces latérites sont considérées de par leur définition comme des formations sédimentaires résiduelles. Alors il se pose une question, seraient-elles provenues de l'altération des diorites, des dolérites ou des schistes ? Pour pouvoir répondre à cette question, nous avons faits trois coupes géologiques dont les interprétations nous serons très utiles.

2. Des coupes géologiques

Selon Raoult & Foucault, une coupe géologique est une représentation de la section de terrains par un plan généralement vertical (on parle aussi parfois de profil géologique, mais c'est à tort, le mot profil ne désignent que le contour extérieur de la coupe ou profil topographique) [35]. Elle peut se construire à partir de la carte géologique et des différentes inclinaisons en surface des structures géologiques qu'on tente avec plus ou moins de difficulté de reconstituer leur allure en profondeur.

En effet, partant de la carte géologique de la ville de Butembo telle que décrite précédemment, la datation des unités lithologiques réalisée par BRGM montre que la plus vieille formation de la ville est le complexe orthognéissique qui date de l'Antekibalien ou du Kibalien inférieur. Le Kibalien inférieur date d'environ 2800 Ma [12, 8, 11].

Sur ce complexe orthognéissique repose l'assise sédimentaire de la Luhule-Mobisio composée de schistes, de quartzites avec des intercalations calcaires. Ces schistes datent du Burundien inférieur et moyen, c'est-à-dire d'environs 1235 ± 40 Ma [12]. Ces formations ont été intrudée à l'Est par la série de Lubero au Burundien inférieur [12, 11].

De ce qui précède, il en va de soi que le complexe basique de la Luhule-Mobisio formé de métabasaltes, de dolérites, de diorites et d'îlots de quartzites serait très récent que toutes ces autres formations de la ville de Butembo.

Dans la même optique, l'application de ces résultats à notre terrain d'étude montre que la plus vieille formation de la région est le schiste. Ce dernier est intrudé pour la première fois par la diorite vers l'Ouest dont l'altération a donné la fameuse latérite de Butuhe. Le schiste aussi a été intrudé pour la deuxième fois par la dolérite vers le Nord-Est. Ces conclusions découlent des coupes géologiques AB, CD et EF réalisées dans le milieu d'étude (fig. 11).

3. De profil latéritique

Le profil des latérites de Butuhe, tel que réalisé précédemment (fig. 12), nous révèle l'existence de deux couches (horizons) de sol qui se répètent d'une manière successive dans toutes les carrières d'observation. Ce sont notamment: la couche de cuirasse et celle de l'argile tachetée.

Cependant, ces deux couches ne se suivent pas de la même façon dans les quatre carrières d'exploitation des latérites. C'est par exemple dans la carrière C1, nous voyons au sommet du profil une cuirasse en démantèlement suivie d'une couche de l'argile tachetée. La même observation est encore faite dans la carrière C4. Par contre dans la carrière C2, nous constatons qu'au lieu d'avoir une cuirasse au sommet du profil, on a plutôt l'horizon de l'argile tachetée. Le contraire de cette réalité dans la carrière C2, s'observe directement dans la carrière C3, où on a rencontré que l'unique couche de la cuirasse.

Cette inertie pourrait se justifier par l'effet de l'érosion au niveau de la carrière C2 qui a emporté toute la couche de cuirasse. D'autre part, dans les carrières C1, C3 et C4, la couche de cuirasse occupe la première position au sommet de chaque profil. Ceci se justifie par l'effet de la couverture végétale qui agit dans le sens d'empêcher les érosions (fig. 14).



Figure 13 : Le profil latéritique élaboré de Butuhe

A partir de l'interprétation des données de la figure 12, nous avons obtenu la figure 14 que nous considérons par extrapolation comme le profil latéritique type de Butuhe. C'est-à-dire un profil constitué de haut à bas d'une zone de cuirasse, suivi d'un horizon d'argile tachetée, de la saprolithe, et puis de la roche mère dioritique. C'est-à-dire que les latérites de Butuhe proviennent de l'altération de la diorite.

Conclusion

Dans cette étude, nous nous sommes proposé de caractériser les latérites de Butuhe, en préciser le mode de mise en place, décrire les formations latéritiques de Butuhe, et déterminer le profil type d'altération de la latérite de Butuhe en faisant une vue géologique.

Pour atteindre ces objectifs, nous avons procédé par la revue de la littérature, les investigations sur le terrain, les traitements des données de terrain et l'interprétation des résultats.

A l'issue de cette recherche, voici nos conclusions :

- La roche mère dont l'altération a donné la latérite de Butuhe est la diorite qui est une des roches du complexe basique de la Luhule-Mobisio formé de métabasaltes, de dolérites, de diorites et d'îlots de quartzites.
- Le profil d'altération type de la localité de Butuhe est caractérisé de haut vers le bas d'un horizon cuirassé, suivi de celui de l'argile tachetée, de la saprolithe et d'une roche mère dioritique. C'est qui est tout à fait similaire à celui de Kalenda (2014) réalisé au Katanga en RDC.

Sur le plan cartographique, les formations latéritiques occupent la partie Nord-ouest de notre secteur d'étude, et s'étendent audelà de la limite de celui-ci. Pour pouvoir utiliser ces formations latéritiques pour les travaux de génie civil, nous recommandons des études géotechniques de ces gisements de latérite avant toute leur utilisation.

Acknowledgment

Nous rémercions les co-auteurs pour leurs soutiens et collaborations lors de la realization de ce travail de recherche.

References

- K. Georgine, "Etudes des contraintes de la production du thé sec dans une exploitation agricole. Cas du complexe théicole de Butuhe (ctb)," Mémoire de licence, Institut Supérieur de Dévelopement Rural/Kitsumbiro, Butembo, 2013.
- [2] L. Eugide, "Essai de modélisation de la fonction de production dans une entreprise industrielle. Cas du complexe théicole de Butuhe: CTB SPRL de 2003 à 2008," Universitié du CEPROMAD, Butembo, 2008.
- [3] J. Klerkx et J. Michot, "granitoides kibariens precoces et tectonique tangentielle au burundi," Africa geologie, pp. 29-46, 1984.
- [4] J. Lepersonne, "Carte Géologique du Zaïre au 1/2.000.00," 1974.
- [5] J. Lepersonne, "Le fossé tectonique Lac Albert-Semliki-Lac Edouard.," Ann. Soc. Géol. Belg., pp. 3-92, 1949.
- [6] L. Cahen, "Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Légende générale (4e éd.)," Commission de géologie du ministère des colonies, Bruxelles, 1951.
- [7] L. Cahen, "Esquisse tectonique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1 /3.000.000 et Notice explicative," Commission de géologie du ministère des colonies, Bruxelle, 1952.
- [8] L. Cahen et J. Lepersonne, "Carte géologique du Congo belge et du Ruanda-Urundi au 1 /2.000.000," Commission de géologie du ministère des colonies, Bruxelles, 1951.
- [9] Y. Noël, "La notice explicative de la carte géologique de reconnaissance à Beni," 1982.
- [10] A. Fernandez et S. Dewaele, "Notice explicative de la Carte Géologique de la République Démocratique du Congo au 1/2.500.000," 2015.
- [11] M. Sahani, "Le contexte urbain et climatique des risques hydrologiques de la ville de Butembo (Nord-Kivu/RDC)," Thèse de doctorat, Université de Liège, Liège, 2012.
- [12] BRGM, "Carte des Ressources Minérales du Zaïre au 1/2.000.000," 1976.
- [13] Y. Tardy, "Pétrologie des latérites et des sols tropicaux," Paris: Masson, 1993, pp. 469.
- [14] S. Eno-Belinga, "Altération des roches basaltiques et le processus de bauxitisation dans l'Aldamoua (Cameroun)," Université de Paris IV, Paris, 1972.
- [15] P. Autret, "Contribution à l'étude des graveleux latéritiques traités au ciment," Ecole National des Ponts et Chaussées, Paris, 1980.
- [16] R. Maignien, "Différents processus de cuirassement en Afrique Occidentale Française," Extrait des Comptes Rendus de la 2e Conférence Interafricaine des Sols, 1954.
- [17] Z. Bohi, "Caractérisation des sols latéritiques utilisés en construction routière: cas de la région de l'Agneby (Côté d'Ivoire). Mécanique des matériaux," Ecole des Ponts ParisTech, Champs-sur-Marne, 2008.
- [18] G. Kalenda, "Comportement des sols latéritiques compactés dans les remblais et digues de retenue des rejets miniers du Katanga (RDC)," Ecole Polytechnique de Louvain, 2014.
- [19] J. Verdeyen, V. Roisin et J. Nuyens, "Applications de la mécanique des sols," Presses polytechniques et universitaires romandes, 1971.
- [20] R. Maignien, "Compte rendu des recherches sur les latérites. U.N.E.S.C.O," WS/0264-32-NS, 1964.
- [21] P. Autret, "Latérites et graveleux latéritiques," ISTED-LCPC, pp. 1-42, 1983.
- [22] H. Erhart, "Traité de Pédologie. Tome I : Pédologie générale," Revue de géographie alpine, vol. 24, n°11, p. 249 254, 1936.
- [23] R. Maignien, "Review of research on laterites," Beman Associates, pp. 95-553, 1966.
- [24] J. Legros, "Latérites et autres sols des régions intertropicales," Séance académique du 09/12/2013, Montpellier, 2013.
- [25] A. Lacroix, "les latérites de la Guinée et les produits d'altération qui leur sont associés," Nouv. Arch. Museum, vol. 5, pp. 255-356, 1913.
- [26] J. Leprun, "Les cuirasses ferrugineuses des pays cristallins de l'Afrique occidentale sèche. Genève, transformation, dégradation," Strasbourg, 1979.
- [27] J. Nguetnkam et Yongue Fouateu, "Etude pétrologique d'une formation latéritique sur granite en milieu tropical forestier sud-camerounais (Afrique centrale)," 2006.
- [28] J. Muller, "Contribution à l'étude de la différenciation des horizons nodulaires de sols ferralitiques congolais sur granito-gneiss," Paris VII, Paris, 1979.
- [29] R. Yongué-Fouateu, "Les concentrations métallifères de Nickel et de Cobalt à partir de l'altération latéritique des roches ultrabasiques serpentinisées du Sud-est Cameroun," Université de Yaoundé I, Yaoundé, 1995.

- [30] E. Temgoua, "Cuirassement férrigineux actuels de bas des versants en zone forestière humide du Sud-Caméroun," Institut de géologie et de paléontologie, Lausanne (Suisse), 2002.
- [31] S. Mahamadou, "Caractérisation et valorisation des matériaux latéritiques utilisés en construction routière au Niger," HAL, Bordeaux, 2016.
- [32] Idrissa, "Contribution à l'étude des graveleux latéritiques dans les pays du Sahel: cas des routes non revêtues," Université de Moncton, Ottawa, 1993.
- [33] D. Nahon, "Cuirasses ferrugineuses et encroûtements calcaires au Sénégal Occidental et en Mauritanie. Systèmes évolutifs: géochimie, structures, relais et coexistence," Sci. Géol. Mém., Strasbourg 44, 1976.
- [34] R. Maignien, "Le cuirassement des sols en Guinée," Strasbourg, 1958.
- [35] A. Foucault, et J. Raoult, "Dictoinaire de géologie," Paris: Masson, 2000.

CGSJ