

Etude morphologique et granulométrique des Stone-Lines de la ville de Butembo/Nord-Kivu

Par Kakule Vindusivyolo est Assistant à l'ISP-Oicha/Beni/RDCongo

Resume: Les profils pédologiques de la Ville de Butembo font apparaître des « stone lines » en plein air et sur des vastes étendues. L'étude de ces « stone-lines » pose un problème de genèse étant donné l'interprétation souvent contestable des analyses granulométriques, mécaniques et techniques destinées à prouver l'autochtonie et l'allochtonie des matériaux constitutifs.

L'allochtonie à peu de distance se confond facilement à l'autochtonie avec remaniement sur place.

Pour une bonne étude des « stone- lines » de la Ville de Butembo, nous avons recouru à des analyses macroscopiques et granulométriques pour apprécier la forme et la taille des matériaux. Les données recueillies sont représentées sous formes des planches (figures et des graphiques pour une meilleure analyse.

La technique documentaire a été restreinte à des ouvrages cadrant avec le thème de recherche.

Comme résultats, les « stone-lines » de la Ville de Butembo reposent sur le niveau II de la roche mère altérée. Ces « stone- lines » sont hétérométriques avec prédominance des galets et cailloux (28 %), graviers (23%) et sables grossiers (10%). Les matériaux fins représentent en tout 31%, synonyme d'une érosion très intense.

Certaines stone- lines sont situées entre les horizons A (de couleur noire ou bleuâtre) et B (de couleur jaune ou rouge). Ces stone-lines sont mixtes ou holométriques, et leur épaisseur est réduite (moins de 3m), mais aussi leurs matériaux sont jointifs ou pas. Une seule « stone-line » est double sur des pentes abruptes et toutes les « stone-lines » présentent des ondulations.

SUMMARY: Pedological profiles of Butembo City openly show "stones-lines" in great and large terrains. Stones-lines pose problems of the genesis according to the contest granulometric, mechanic and technical interpretation of the analysis destined to prove autochtony and allochtony of materials components. The allochtony in short distance is easily confused with the autochtony reshuffled on the spot. For the best study of stones-lines of Butembo City, we have recognized the microscopic and granulometric analysis in order to appreciate the shape and height of materials.

The collection materials data are presented in the form of boards (see the figure) and graphics for good analysis. The technical documents have been restricted to books related to the theme of the research.

As results, the stones-lines of Butembo City rely on the third level of the mainly distorted rocks. These stones-lines are heterometric with pebbles, stones (28 per cent) gravels (23 per cent) rough sand (10 per cent) predominance. Finished materials represent 31 per cent in general; that is, the synonym of intense erosion.

Certain stones-lines are located between A (blue darkened colour) and B (yellow or red colour). These stones-lines are mixed and holometric and their reduced thickness (less than 3 meters), but their materials are joint. Only one stone-line is double on the abrupt slope.

Date of Submission: 21-01-2020

Date of Acceptance: 11-02-2020

I. Introduction

Beaucoup d'études ont été consacrées à l'analyse des « stone-lines » par les géographes, les géomorphologues, les géologues et les pédologues. Plusieurs hypothèses ont été présentées, mais malgré des études scientifiques très poussées et des analyses très complètes, il reste difficile de prouver les processus de genèse. D'une part, les techniques actuelles manquent souvent de précision. De l'autre, différents modes de mise en place des « stone-lines » simultanées ou successifs, ont pu intervenir¹. Une analyse serrée n'aboutit qu'à une hypothèse ou à une probabilité.² On assimile la « stone line » à des niveaux résiduels ou à des pavages dus aux phénomènes de ruissellement intense qui aurait emporté le sol meuble en laissant sur place des éléments grossiers qui seront prochainement enfouies sous un dépôt de colluvions amené par un nouveau ruissellement².

¹ RIQUIER, J., contribution à l'étude des « stone lines » en régions tropicale, cah, orstom, sér, pédol, vol VII, p.73, 1969.

² COLLINET, J., Contribution à l'étude des « stone-lines » dans la région du moyen Ogooué au Gabon, cah ortom sér. Pédol, vol VIII, p 15.18, 1969

S'est admis également l'intervention du processus qui ont pu dans certains cas, opérer successivement et aboutir à l'édification des profils caractérisés par une convergence de forme.³ L'évolution sur place de l'autochtonie permet à Laporte (1962), de supposer d'un renforcement « hétéroclites » de tous les éléments quartzeux d'origine externe et d'une partie de ceux d'origine interne que l'on trouve dans le niveau II, la séparation entre les éléments grossiers et les éléments fins serait le fait des processus suivants⁴ :

- Homogénéisation par brassage biologique dans le niveau de couverture ; ce qui aboutirait à une descente verticale des éléments grossiers primitivement contenus dans ce niveau. L'auteur pense d'ailleurs plus à un « remaniement sur place » qu'à une remontée d'éléments, fins par la faune du sol.

- Les produits grossiers du sol ont tendance à s'enfoncer grâce à des propriétés physiques du matériau fin gorgé d'eau, à des modifications physiques du matériau fin reposant sous l'élément grossier (thixotropie) et également à l'action des alternances d'humectation et de dessiccation.

Il est présenté une hypothèse plus facilement généralisable : sable : attaque par l'érosion d'anciennes surfaces structurales. Elle se produit sur les versants érodés par les eaux courantes au pied du versant qui recule en formant un glacis d'érosion sur lequel s'épandent les éléments grossiers, « le sédiment plus fin dérivé des versants, attaqués plus hauts, est transporté vers le bas et en travers ou déposé sur la nappe de graviers située sur la surface d'érosion.

L'hypothèse faisant appel à des processus multiples fait intervenir l'influence des paléoclimats et indique l'existence probable de trois phases ; (a) 1^{ère} phase humide d'une altération profonde des roches ; (b) 2^{ème} phase sèche : l'érosion linéaire redevient importante, déblayant les éléments fins et répartissant un « pavage d'éléments grossiers » qui pourraient acquérir une certaine patine ; (c) 3^{ème} phase plio-pléistocène : les formations précédentes sont recouvertes par des sables éoliens. L'auteur de cette hypothèse, accorde également une grande importance à l'activité des termites qui pourraient concentrer les sédiments fins au dessus des plus grossiers⁵.

Pour l'hypothèse de l'inversion des matériaux « retournement » ; RUHE développe comme schéma érosion d'anciennes surfaces d'aplanissement généralement cuirassées du début à la fin tertiaire selon les endroits. En zone tropicale, le recul d'un front d'érosion par abaissement du niveau de base provoque une inversion des matériaux : les éléments grossiers épandus sur le glacis d'érosion sont simultanément recouverts par les éléments fins provenant des horizons meubles et retenus par le couvert végétal au lieu d'être entraînés par les axes de drainage. Ce processus a intéressé des vastes zones jadis soumises au régime tropical et notamment une grande partie de l'actuelle zone équatoriale. L'auteur admet également qu'il puisse se produire en climat équatorial, des modifications morphologiques de la « stone line » par des processus « érosion chimique » en relation avec une reprise d'érosion et un approfondissement des axes de drainage.

L'élément constituant actuellement les niveaux II en zone équatoriale serait donc entièrement hérité de cette inversion des matériaux. L'auteur désigne ce processus par le terme de « retournement ».

Les profils pédologiques des sols tropicaux et équatoriaux sont souvent complexes pour leur interprétation. La « stone line » visualise une discontinuité entre un matériel en place et un matériel homogénéisé et allochtone, même s'il n'a été que peu déplacé.

La « stone line » elle-même présente un certain intérêt pour des reconstitutions paléogéographiques ou géomorphologiques en particulier pour déterminer l'extension de certaines couches géologiques aujourd'hui complètement érodées⁶.

Elle a des conséquences agronomiques assez importantes, notamment pour certaines cultures, comme celle du caféier dont les racines sont très sensibles à la présence d'éléments grossiers.

La « stone-line » permet de replacer le profil pédologique dans son cadre historique et de mieux dégager les influences actuelles des facteurs pédologiques de celles du passé. Elle oblige les pédologues à repenser le fameux équilibre vitesse d'érosion-vitesse d'altération, qui permet de distinguer les sols jeunes des sols murs⁷.

³ MARCHESSEAU, J., *Etude minéralogique et morphoscopique de la « stone line » au Gabon*, B.R.G.M, Libreville, G.S.A.O, 109p, 1965

⁴ LAPOTRE, G., *Reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog*, J.R.S.C.M.C, 119, Brazaville, 1499, p1,1962

⁵ RUHE V., *Landscape evolution in the high Ituri, Belgian Congo*, INEAC, Ser, Sci, n° 66, Bruxelles, 1958,P53

⁶ REQUIER, *Ibid.*, 1969,p95

⁷ COLLINET. *Op.Cit.*, 1969,p11

Les profils pédologiques de la Ville de Butembo renferment par endroit des « stone-lines ». L'étude de ces dernières pose de sérieux problèmes quand il s'agit de déterminer l'allochtonie ou l'autochtonie de matériaux. Il se pose aussi le problème de datation de ces derniers.

La présente recherche est axée à l'analyse granulométrique et morphologique des « stone-lines ». Il s'agit de procéder à leur classification sur base de la taille de matériaux constitutifs et de leur forme mais aussi de dégager les niveaux sur lesquels reposent les « stone-lines » de la Ville de Butembo.

La recherche a été restreinte aux profils pédologiques de la Ville de Butembo. Les caractéristiques de cette région sont les suivantes :

1) Un climat hyper humide du type colombien dont la moyenne pluviométrique dépasse souvent 1500mm et la température moyenne est inférieure à 20°C chaque année (tableau n° I). Ce caractère climatique est à la base d'une altération très poussée de la roche in-situ et de la dégradation des restes fossiles ; un atout pour la genèse des « stone-lines » et un handicap majeur pour leur datation à partir des restes fossiles.

Tableau N° I : Moyenne pluviométrique de la Ville de Butembo de 2004-2017 (14 ans)

	J	F	M	A	M	J	J ¹	A	S	O
T°C	19,49	19,58	19,66	20,18	20,13	19,33	19,32	19,05	19,20	19,32
Pmm	125,56	133,46	212,46	187,71	184,59	129,53	242,29	235,41	313,67	269,63

N	D	Total	Indice d'aridité
19,2	19,21	19,48	77
219,86	163,24	2245,27	

II. Commentaire :

Le tableau sus indiqué montre une moyenne pluviométrique de 2245,27 mm et une température oscillant autour de 19°C pour tous les 14 ans. L'indice d'aridité de 77 est caractéristique d'un milieu hyper-humide.

2) Le relief est accidenté avec des dénivellations pouvant aller au-delà de 200m à moins de deux kilomètres à vol d'oiseau à certains endroits⁸. Le milieu urbain de Butembo est déprimé dans le centre ville ; mais par endroit, la ville est disséquée en collines ou croupes convexes. Cette topographie accidentée est favorable à des glissements de terrains, au creep et à des éboulements. Ces glissements de terrains, sur de fortes pentes, sont favorables à la formation des « stone-lines ». La loupe de glissement constituerait la nappe de couverture de la « stone-line (niveau II)

3) Le substratum géologique comprend quatre types de roche tels que décrits par SAHANI (2012).

- Le complexe basique de la Luhule-Mobissio : il se trouve autour de la Mubunge. Il est formé des méta basaltes, des diorites, des dolérites et d'îlots de quartzites.

- Assise sédimentaire de la Luhule-Mobissio : elle est composée des schistes, des quartzites avec des intercalations calcaires. Ces schistes datent du Burundien inférieur et moyen.

- La série de Lubero : elle est constituée des micaschistes avec des intrusions granitiques, des pyllades, des schistes, des grès et des quartzites qui datent du Burundien inférieur. Ces roches sont situées à l'Est de la ville.

La diversification des roches en Ville de Butembo, montre que la région a été le théâtre des mouvements orogéniques importants, du précambrien au tertiaire. Par son relief accidenté, Butembo est une ville piégée par son site en proie d'érosion.

4) Les sols de la Ville de Butembo se diversifient selon les roches mères, la texture et la matière organique mais aussi la terreur en eau. Ces sols sont tous Kaolisols parce qu'ils sont formés par un matériau Kaolinique caractérisé par une fraction argileuse à dominance du Kaolinite et d'oxydes libres⁹.

Les oxydes de fer présents dans les sols donnent au sol sa coloration rouge ou brune, lui conférant ainsi le nom de ferrisols.

Sur le plan textural, ces sols sont généralement riches en argile et en limon dans la partie ouest de la ville. Sur les collines formées des quartzites ou des granites de la partie orientale, la texture est argilo-sableuse.

Quant à la teneur en eau, deux types de sols se partagent la Ville de Butembo : les hydro-kaolisols et les hydro-xérokaolisols.

Ces différents types de sols sont modifiés par les conditions de stations. Sur les collines et les pentes fortes, ils sont bien drainés et de couleur brune ou rouge. Dans les fonds des vallées, plats et marécageux, ils sont hydro-morphes, tourbeux, très acides et de couleur noire ou bleuâtre¹⁰.

⁸ SAHANI M., Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la zone urbaine de Butembo (RDC) de 1957 à 2010, GEOLOTROP, thèse de doctorat, 2012,p21

⁹ POMEROL et RENARD, Eléments de géologie, 11^{ème} éd., Paris, Massan, 1997.P22-28

III. Matériels et Méthodes

III.1. Matériels

- La recherche a nécessité comme matériels :
- Un mètre canne et un mètre en roulement, pour la mesure de la hauteur du talus et de l'épaisseur du niveau II de la « stone-line » ainsi que de la nappe de couverture (niveau I).
 - Un GPS (global position system), pour le prélèvement des coordonnées géographiques des sites échantillonnés.
 - Un pied de coulisse a servi à la mesure de la taille et du diamètre des éléments grossiers au niveau de la « stone-line » et de la nappe de recouvrement.
 - Les tamis, pour déterminer la taille des éléments fins (argile, limon, sable fin).
 - Un clinomètre à boussole, pour la mesure des pentes du talus du piedmont en amant.

III.2. Méthodes

Pour déterminer les différentes couches et dégager le niveau sur lequel repose la « stone-line » mais aussi se rendre compte de la forme de cette dernière, nous avons procédé à l'observation macroscopique.

L'analyse granulométrique des échantillons a été d'une importance capitale. Elle a permis non seulement de rendre compte de la taille des matériaux constituants, mais aussi de confirmer ou d'infirmer l'autochtonie ou l'allochtonie des éléments. Cette analyse granulométrique donne des résultats, mais l'identité granulométrique entre deux niveaux n'est jamais parfaite, par suite de (du) :

- Du lessivage pédologique des argiles ;
- De l'altération plus ou moins grande des sables fins et limons pour donner des argiles ;
- De la formation des pseudo-sables dans certains horizons pédologiques ;
- De l'hétérogénéité de la roches-mère.

Les différentes méthodes sus-détaillées ont été accompagnées par certaines techniques entre autres :

- L'enquête sur terrain : il a été question de parcourir la ville, afin d'identifier les profils à « stone-lines »
- Des mesures ont été effectuées pour déterminer l'épaisseur des couches de différents profils pédologiques à « stone-lines ».
- Les résultats des analyses granulométriques au laboratoire et des mesures de différentes couches ont été synthétisés sur des graphiques et des profils pour une bonne interprétation.
- La lecture des ouvrages surtout ceux cadrant avec le thème de recherche, ont ouvert notre intelligence sur la compréhension du sujet. Ces ouvrages ont donné des premières cogitations pour aborder le sujet de la présente recherche mais aussi sur l'étude du milieu.

Les méthodes et les techniques susmentionnées ont abouti à des résultats qui sont présentés, interprétés et discutés au chapitre ci-dessous intitulé, résultats de la recherche.

IV. Resultats De La Recherche

IV.1. Présentation des différents profils pédologiques

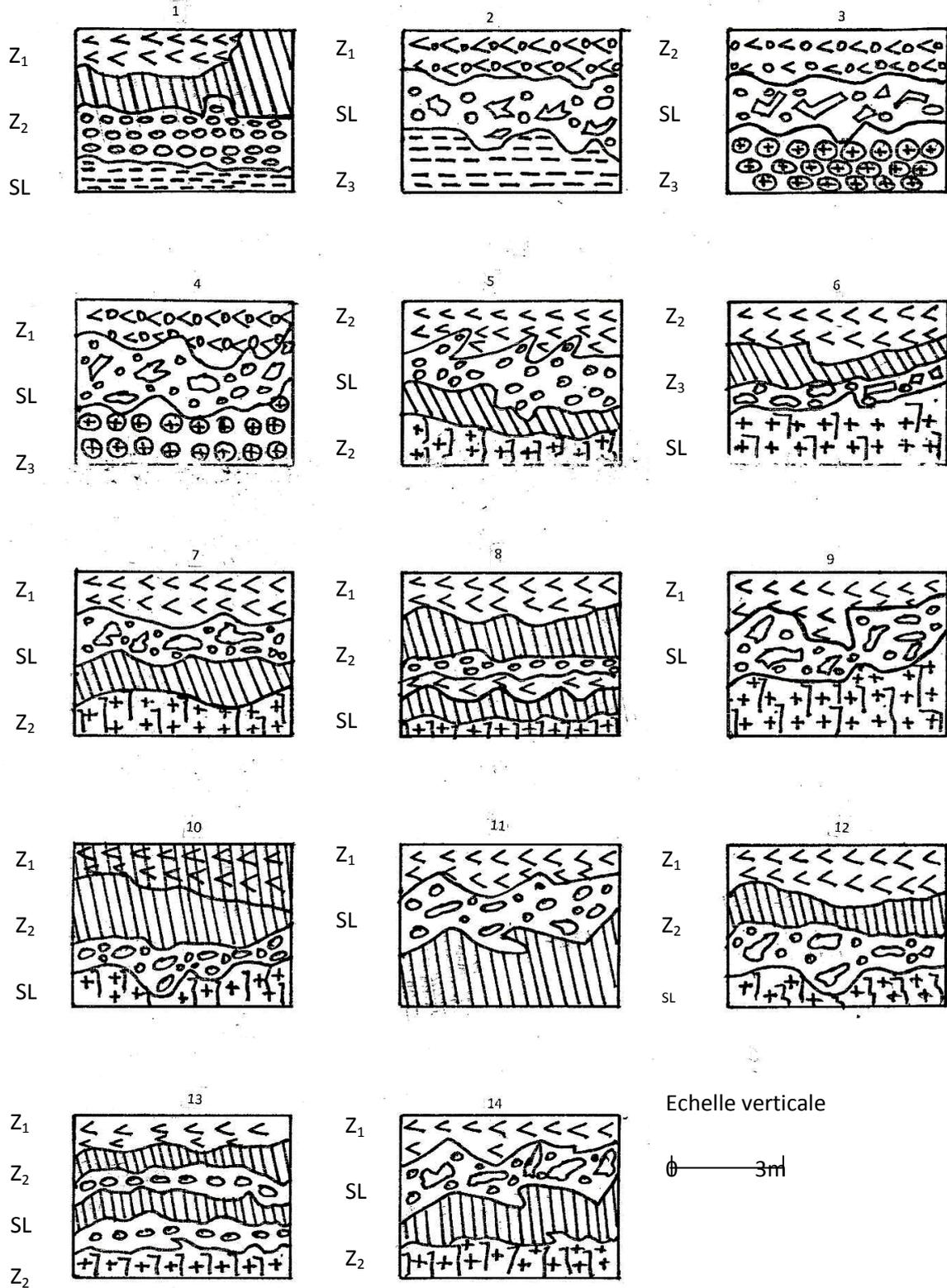
Figures : Profils d'altération des roches

¹⁰ SAHANI M., Op.cit.P12-27

III. RESULTATS DE LA RECHERCHE

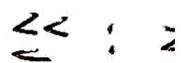
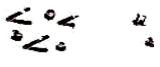
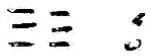
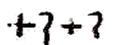
III.1. Présentation des différents profils pédologiques

Figures : PROFILS D'ALTERATION DES ROCHES



Echelle verticale
 0 — 3m

Légende

-  Zone 1 de la couleur noire
-  Zone 2 de la couleur jaune
-  Zone 2 de la couleur rouge
-  Stone-line homogène
-  Stone-line mixte
-  Zone 3 de la roche mère basique altérée
-  Zone 3 de la roche mère granitique totalement altérée
-  Zone 3 de la roche mère granitique partiellement altérée

IV.2. Présentation de données des profils pédologiques

Ce paragraphe donne des renseignements sur la forme des stone lines, le niveau sur lequel cette dernière repose, la taille des éléments constitutifs et l'épaisseur de la « stone line » ainsi que de la nappe de recouvrement.

Tableau n°II : stratification des couches, épaisseur de « stone lines » et forme

N°	Identification du site	Coordonnées géographiques	Stratification des couches	Epaisseur « stone-line »	Forme de la « stone-line »
01	VUTIKE-FURU	00°09'22" 029°17'23" 1738m	Z1/Z2/SL/Z3	1,7m	Homogène et onduleuse
02	KITATUMBA	00°08'56" 029°16'52" 1739m	Z2/SL/Z3	2 dm	Mixte et onduleuse
03	KAMBALI	00°08'35" 029°17'13" 1744m	Z2/SL/Z3	1,5m	Mixte et onduleuse
04	ITAV-VUTSUNDO	00°07'33" 029°16'50" 1659m	Z2/SL/Z3	0,7m	Mixte et onduleuse
05	ABATTOIR PUBLIC	00°07'18" 029°17'14" 1738m	Z1/SL/Z2/Z3	4dm	Homogène et onduleuse
06	VUBANGE	00°07'14" 029°17'56" 1728m	Z1/Z2/SL/Z3	2dm	Homogène et onduleuse
07	KALIVA	00°06'30" 029°17'01" 1755m	Z1/Z2/SL/Z3	5dm	Mixte
08	VICHAI	00°05'38" 029°17'12" 1713m	Z1/SL/Z2/Z3	3dm	Homogène et onduleuse
09	KIRIMAVOLO	00°06'18" 029°17'57" 1758m	Z1/Z2/Z1/SL/Z2/Z3	4dm	Homogène et onduleux
10	VIHULI	00°06'10" 029°18'44"	Z1/Z2/SL/Z3	8dm	Homogène

		1739m			
11	KATASOHIRE	00°06'25" 029°19'22" 1706m	Z1/SL/Z2	1,8dm	Mixte
12	MUTSANGA	00°07'16" 029°18'42" 1732m	Z1/Z2/SL/Z3	6dm	Mixte et onduleux
13	MATUMAINI	00°08'43" 029°17'23" 1738m	Z1/Z2/LG/Z2/LG/Z3	7dm	Homogène et onduleux, double
14	MUSUSA	00°05'19" 029°17'58" 1610m	Z1/Z2/LG/Z3	3dm	Mixte et onduleux

Tableau n° III : Taille des matériaux, hauteur du talus et épaisseur de la nappe de recouvrement

N°	Dénomination du site	Hauteur moyenne du talus et pente	Taille des éléments	Epaisseur de la nappe
01	Vutike-Furu	3m, 65°	5mm-3cm	17dm
02	Vallée Kitatumba	3,5m, 81°	5mm- 5cm	5dm
03	Vallée kambali	4m, 70°	5mm-10cm	7dm
04	Vallée Itav	2,5m, 78°	5mm-7cm	6dm
05	Abatoir publique	8m, 80°	5mm-5cm	10dm
06	Vubange	3m, 82°	5mm-7cm	14dm
07	Pont kaliva	3,5m, 73°	5mm-8cm	20dm
08	Vallée Vichai	8,5m, 84°	5mm-6cm	30dm
09	Vallée Kirimavolo	5m, 81°	5mm-6cm	10dm
10	Vallée Vihuli	7,5m, 78°	5mm-8cm	26dm
11	Pont Katasohiri	5m, 75°	5mm-6cm	10dm
12	Pont Mutsanga	5m, 67°	5mm- 5cm	7dm
13	Matumaini	6m, 85°	5m m – 3 cm	50 dm
14	Musua	4m, 70°	5m m – 12 cm	30 dm

Les moyens financiers très limités pour mener une recherche scientifique rigide n'ont pas permis de penser à une étude granulométrique de 12 sites retenus comme échantillon. Seuls quatre sites dont un échantillon de 2000gramme par site sont repris dans le tableau suivant :

Tableau n°IV : Classification granulométrique des éléments ou des matériaux constituant les stone-lines et la nappe de recouvrement.

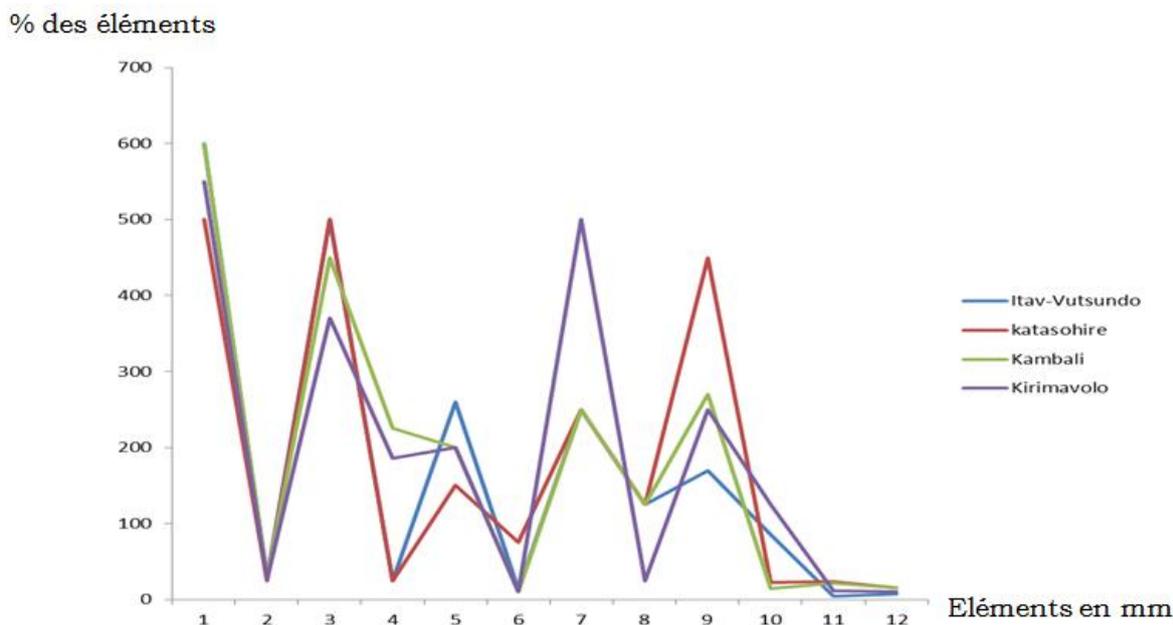
N°	Noms des sites	Taille des éléments en gramme et en %											
		Galets et cailloux		Graviers		Sables grossiers		Sables fins		Limon		argile	
		>5mm		5mm		2mm		1mm à 500Mc		250 à 100 M		<45 Mg	
		Gr	%	g	%	g	%	g	%	g	%	g	%
01	Itav-Vutsundo	600	30	500	25	260	13	250	12 ^s	170	8 ^s	4	7
02	katasohire	500	25	500	25	150	7 ^s	250	12 ^s	450	23	24	15
03	Kambali	600	30	450	22 ^s	200	10	250	12 ^s	270	14	22	15
04	Kirimavolo	550	27	370	18 ^o	200	10	500	25	250	12 ^s	11	10
05	TOTAL	2250	99,8	1820	100	810	100	1250	100	1140	96,7	60 ^s	99,8

Les données du tableau sus indiqué ont conduit à l'élaboration des courbes granulométriques :
Courbes granulométriques des sites retenus par l'analyse granulométrique

IV.3. Analyse et discussion des résultats

Un regard sur les profils pédologiques de la Ville de Butembo montre que le « stone- lines » repose soit sur le niveau III de la roche mère altérée, (profils, 1, 2, 3, 4, 6, 10, 11, 12, 13, 14), soit situées entre les horizons 1 et 2 (profils, 5, 6, 7, 8, 9, 13).

Courbes granulométriques des sites retenus pour l'analyse granulométrique



V. Commentaire :

Ces courbes granulométriques des matériaux constitutifs montrent des formations hétérométriques pour les quatre sites retenus comme échantillon. Ces identités des sites font preuve d'une autochtonie de la « stone-line » et de la nappe de recouvrement.

Dans une étude parallèle sur les « stone-lines » des régions tropicales et équatoriales d'Afrique, J Riquier et J Collinet (1969)¹¹ ont démontré que la « stone-line » repose sur le niveau III de la roche altérée.

Une étude menée au Madagascar par le même auteur, donne la possibilité de trouver les « stone-lines » entre les horizons A et B. Pour ces auteurs, l'érosion n'a pas réussi à entamer l'horizon B. Par contre en région accidentée de la Ville de Butembo, l'horizon B de couleur rouge ou jaune est fortement menacé d'altération insovolumétrique. La roche pourrie conserve les caractéristiques structurales originelles, mais elle a perdu toute constance chimique. L'aération du matériel, catalyseur des phénomènes de soutirage et de suffusion, rend la roche plus friable¹².

Les « stone-lines » échantillonnés (14 au total), sont moins épaisses de moins de 2m ; ce sont des petites « stone-lines ». Les véritables « stone-lines » sont épaisses de plus de 5 m (Riquier, J ; 1969). Les précipitations abondantes et les glissements de terrains réguliers en hautes terres, décomposent les stone-lines de la ville de Butembo et réduisent ainsi leur épaisseur.

Les matériaux constituant les « stone-lines » de Butembo sont jointifs pour les profils « 1, 2, 3, 12 » ou non jointifs pour le reste de profils. Ces « stone-lines » aux matériaux non jointifs ont été décrits par Leveque (1968)¹³. Celui-ci ne préfère pas les appeler « stone- lines ». Les éléments d'une « stone line » sont toujours jointifs, comme posés les uns sur les autres. Mais lorsque leur nombre est insuffisant pour former des couches superposées, ils ne sont pas jointifs. Cependant il n'est pas facile de déplacer un des éléments grossiers à la main sans déplacer le voisin.

Les limites sur lesquelles reposent les « stone-lines » de la ville de Butembo ne sont pas horizontales. Les ondulations de « stone-line » de Butembo peuvent être attribuées aux glissements de terrains. Les cicatrices d'érosion et les loupes de glissements sont visibles à plein profils pédologiques. Il paraît plus judicieux de regarder le comportement d'une stone- line décapée et exposée à l'érosion actuelle. On constate que l'érosion ruisselante entraîne les éléments fins sous l'amorcellement d'éléments grossiers et ce processus fait descendre sur place toute la masse d'éléments grossiers.

Des invaginations en doigts de gant, ou en forme de marmites, de la « stone- line » à l'intérieur du niveau III, ont surpris les observateurs. Or il est possible de constater que l'érosion actuelle dans le niveau III,

¹¹ RIQUEUR J., et COLLINET J., Ibid, 1969.p104 ,p82

¹² MBUSA MATABISHI, Estimation des risques érosifs et aménageabilité du site de l'abattoir public de Butembo, menace de dégradation, in revue interdisciplinaire de l'UCG, n° 1, 2013.p115

¹³ LEVEQUE A., Le problème des sols à nappe de gravats, ch oroston, Sér., Pédol., VI, 1968.,p 8

se produit très souvent en rigoles ou en petits ravins (ravines), très profonds à parois sub-verticales et en « marmites de géants »¹⁴.

Les ondulations de la partie supérieure de la « stone line », quelque fois à pentes fortes, ont pu se produire dans ce qui n'était alors que des tas de cailloux plus ou moins contigus à la surface du sol. On s'aperçoit souvent, d'ailleurs, que l'ondulation sur une coupe correspond en réalité à une butte dans l'espace. On peut donc estimer que ces ondulations, ces invaginations ; se sont produites au moment du pavage d'érosion et ont ensuite été fossilisées par le dépôt de la couverture.

Une « stone- line » sur quatorze est double ou paire (profil 13, site Matumaini).

En effet, les chances de trouver deux « stone-lines » dans un même profil sont encore plus faibles pour certaines raisons¹⁵ :

Le premier cycle érosif constitue un pavage. Si l'érosion devient plus forte, ce pavage descend sur lui-même et s'épaissit vers le bas. Si au contraire l'érosion diminue d'intensité, ce sont les éléments fins qui se déposent en couverture colluviale, et une reprise d'érosion a peu de chance de déposer des éléments grossiers sur la couverture fine sans la décaper au préalable.

Ce processus est cependant possible si la couverture fine est fixée par une végétation herbacée (profil 13), et si un orage violent et court entraîne des éléments grossiers à partir d'un affleurement supérieur assez proche. Il faut donc un relief très accidenté comme celui de la Ville de Butembo permettant un dépôt de colluvions au pied mont. Dans ce cas général, d'ailleurs une nouvelle érosion entraîne les éléments fins et la deuxième « stone line » résiduelle vient reposer sur la « stone- line » principale, qu'elle épaissit vers le haut.¹⁶

Remarquons cependant que l'érosion bien que présentant des phases de paroxysme est continue depuis les temps géologique. Elle a donc tendance à faire descendre la « stone- line » supérieure, si elle est formée jusqu'à la « stone- line » inférieure située au-dessus de la zone d'altération de la roche. Celle-ci freine et arrête une érosion plus profonde avant que la roche soit suffisamment pourrie et réduite en éléments fins pour se laisser entraîner à son tour. Ce processus explique que l'on ne trouve en général qu'une seule « stone line ». Pour un échantillon de quatorze profils pédologiques à « stone-lines », huit sont mixtes et six sont homogènes.

Les premières sont constituées des éléments de taille différente (galets, graviers, cailloux, sables, grossier) et les seconds sont formées uniquement des graviers ou de galets ou encore des cailloux¹⁷. La présence de cailloux dans certains profils à « stone lines » est un signe d'allochtonie. Mais pour Requier (1969), l'arrondissement de matériaux peut se réaliser sur place par altération chimique. Mais à notre avis, ces cailloux « dans certains profils » (profils sites Wayimirya, Kaliva, kirimavolo), seraient allochtones étant donné que le sol tourbeux qui constitue l'horizon A est un indice d'une ancienne mer intérieure dans le milieu. On suppose que les rivières qui alimentaient cette mer intérieure amenaient des matériaux des régions lointaines ; matériaux qui devaient subir l'éprouvé à cause d'un long transport.

Dans l'ensemble de profils, la kaolinite augmente à plein profils ; ce qui peut être dû à une altération du type ferralitique plus intense au niveau de l'horizon B et voire C, malheureusement l'hématite. Les analyses granulométriques de quatre sites situés (tableau n°IV) montrent une hétérogénéité des matériaux. On trouve dans l'ensemble, 28,12% de galets et cailloux, 23% de graviers, 10% de sables grossiers, 16% de sables fins, 14% de limon et enfin 0,75% d'argile. Ceci donne lieu à des formations hétérométriques (voir courbes granulométriques).

Dans le milieu, le lessivage des éléments alcalins, alcalino-terreux et de la silice est très poussé. Cela rend le milieu acide. Il se forme alors une argile très pauvre en silice nommée kaolinite.

VI. Conclusion

Ville tropicale d'altitude, Butembo renferme par endroit, plusieurs profils pédologiques à « stone-lines ». L'examen macroscopique et granulométrique permet de constater ce qui suit :

- Huit « stone-lines » reposent sur le niveau III de la roche altérée et six sont entre les horizons A et B fortement altérés.
- Ces « stone-lines » reposent sur des limites non horizontales et leurs éléments ne sont pas jointifs dans la plus part de profils à cause des glissements de terrains qui caractérisent le milieu

¹⁴ COLLINT J., Ibid, 1969,p21

¹⁵ RIQUIER, Ibid, 1969 ,p26

¹⁶ RIQUIER, Ibid, 1969,p86

¹⁷ MARCHESSEAU J., Etude minéralogique et morphologique de la « stone-line » au Gabon, B.R.U.M, Libreville, G.S.A.O, 1965,p51

- Datant du quaternaire et antérieures au pléistocène moyen, les « stone-lines » de Butembo sont moins épaisses et constituées de matériaux diversifiés en taille. Elles sont donc hétérométriques et autochtones ou allochtones

Mais certaines d'entre elles sont homogènes, c'est-à-dire constituées des lits de cailloux ou des graviers. La nappe de recouvrement est celle des sables fins et grossiers, d'argiles et de limons.

Les stone-lines de Butembo se décomposent ou s'altèrent facilement à cause des érosions à la base des glissements de terrains très réguliers dans le milieu. Les matériaux grossiers de ces « stone-lines » entrent dans la construction où servent des graviers ou comme sables.

Bibliographie

- [1]. Collinet, J., contribution à l'étude des « stone lines » dans la région du moyen ougoué au Gabon, cah ortom sér. Pédol, vol VIII, 1969.
- [2]. Lapotre, G., reconnaissance pédologique le long de la voie ferrée Comilog, J.R.S.C.M.C, 119, Brazaville, 1499, 1962
- [3]. Leveque A, le problème des sols à nappe de gravats, cah orostom, sér. Pédol, VI, 1968
- [4]. Marchesseau, J., étude minéralogique et morphologique de la « stone- line » au Gabon, B.R.G.M, Libreville, G.S.A.O, 109p, 1965. MBUSA MATABISHI, « estimation des risques érosifs et aménageabilité du site de l'abattoir publique de Butembo menacé de dégradation », in revue interdisciplinaire de l'U.C.G, N°11.
- [5]. Pomerol C., et Renard M., Eléments de géologie, 11^{ème} éd., Paris, Massan, 1997.
- [6]. Riquier, J. et Collinet, contribution à l'étude des « stone- lines » en régions tropicale, cah, orstom, sér, pédol, vol VII, 1969.
- [7]. Ruhe, V., Ladscape evolution in the high Ituri, Belgion Congo, INEAC, Ser, sci, N° 66, Bruxelles, 92 p, 1956.
- [8]. Sahani M, Evolution des caractéristiques pluviométriques dans la Zone urbaine de Butembo (RDC), de 1957 à 2010, Geocotrop, thèse de doctorat, 2012.

Par Kakule Vindusivoyo. "Etude morphologique et granulométrique des Stone-Lines de la ville de Butembo/Nord-Kivu." *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 22(2), 2020, pp. 17-26.