

# **CARACTERES MACROMORPHOLOGIQUES DES SOLS DEVELOPPES SUR FONDS VOLCANO-SEDIMENTAIRE AU BLAFO-GUETO (TOUMODI) DANS LE CENTRE-SUD DE LA COTE D'IVOIRE**

***Kouakou Yao Kouman Nestor***

***Yao Guy Fernand***

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan/Laboratoire de Pédologie et de Géologie  
Appliquée

***Nangah Krogba Yves***

Université Nangui Abrogoua d'Abidjan/Laboratoire Géosciences et Environnement

***Dr. Baka Derving***

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan/Laboratoire des Sciences et Techniques de  
l'Eau et de l'Environnement

***Adingra Achille***

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan/Laboratoire de Géologie Marine et de  
Sédimentologie

***Prof. Yao-Kouame Albert***

Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan/Laboratoire de Pédologie et de Géologie  
Appliquée

---

## **Abstract**

In order to appreciate the current status of developed soil in the manganese and gold-bearing region of *Blafo-Gueto* at the Center-South part of Côte D'Ivoire, this study is undertaken and concerned some macromorphological parameter characterization. Based on the field description of these macromorphological parameters, by opening soil profile through two lines, the one on the hill Blafo, the other one on the hill Guéto, it was shown that the soil are reshaped and in brown color. The soil structures are lumpy in humus horizons which go to 30-40 cm. On the other hand, the structure is polyhedral subangular in intermediate and deep horizons. The drainage class is good in the humus or surface horizons and all the soil texture goes from sandy clayey to clayey soil. The percentage of the unrefined elements is

beyond 60 and the hydromorphic spots, signs of a bad internal drainage begin to appear from the intermediate or accumulate horizons.

---

**Keywords:** Macromorphology, Soil, Volcano-sedimentary, Profile, Brown soil, Blafo-Gueto, Ivory Cost

---

### **Résumé**

Dans le but d'apprécier le statut actuel des sols développés dans la région aurifère et manganésifère du Blafo-Guétó au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire, cette étude est entreprise et porte sur la caractérisation des certains paramètres macromorphologiques. Sur la base de ces caractères macromorphologiques décrits sur le terrain, à l'aide de l'ouverture de fosses pédologiques au travers de deux toposéquences, l'une sur la colline Blafo, l'autre sur la colline Guétó, il a été démontré que ces sols sont tous brunifiés, remaniés et rajeunis. Les structures des sols sont grumeleuses dans les horizons humifères qui vont jusqu'à 30-40 cm. En revanche, dans les horizons intermédiaires et de profondeur, la structure est polyédrique subanguleuse. La classe de drainage est bonne dans ces horizons humifères ou de surface, et la texture des sols est dans l'ensemble argilo-sablo-limoneuse à argileuse. Le pourcentage des éléments grossiers est au-delà de 60 et les taches d'hydromorphie, signe d'un mauvais drainage interne commencent à apparaître à partir des horizons intermédiaires ou d'accumulation.

---

**Mots - clés:** Macromorphologie, Sol, Volcano-sédimentaire, Profil, Brunifié, Blafo-Guétó, Côte d'Ivoire

---

### **Introduction**

En Côte d'Ivoire, les terrains géologiques volcano-sédimentaires Birrimiens regorgent de nombreux gîtes et indices métallifères (Zanone, 1964 ; Sonnendrucker, 1968) qui sont l'objet d'exploration ou d'exploitation minière. C'est par exemple, le cas de la région du *Blafo-Guétó*, au Centre-Sud de la Côte d'Ivoire où, les potentialités manganésifères (Grandin et Perseil, 1983) et aurifères sont avérées. Or, comme le soulignent Ernst (1996), Saïdi et *al.* (2002), Bouabdli et *al.* (2004), Conesa et *al.* (2006), Qiu et *al.*, 2012 ; Salinas Villafane et *al.* (2012), l'activité minière est un facteur qui dégrade l'environnement. Cette action dégradante, au niveau du sol, l'affecte par la contamination en différents éléments traces métalliques (Bech et *al.*, 2012 ; Gómez-Álvarez et *al.*, 2012), par la forte érosion, par la modification régulière et importante du paysage environnant et l'expose. Ainsi, pour des questions de réhabilitation future ou pour des questions d'aménagement après activités, l'on

peut avoir besoin de connaître les conditions initiales préexistantes avant l'installation quelconque d'un projet qui peut servir de valeur de référence locale. C'est donc conscient de ce problème, que cette étude est entreprise au *Blafo-Guétó* où, différents travaux d'exploration sont exécutés actuellement. Il s'agira principalement, de caractériser quelques traits macromorphologiques initiaux et actuels des sols développés en se basant par exemple, sur la couleur, la texture, la structure, le drainage interne.

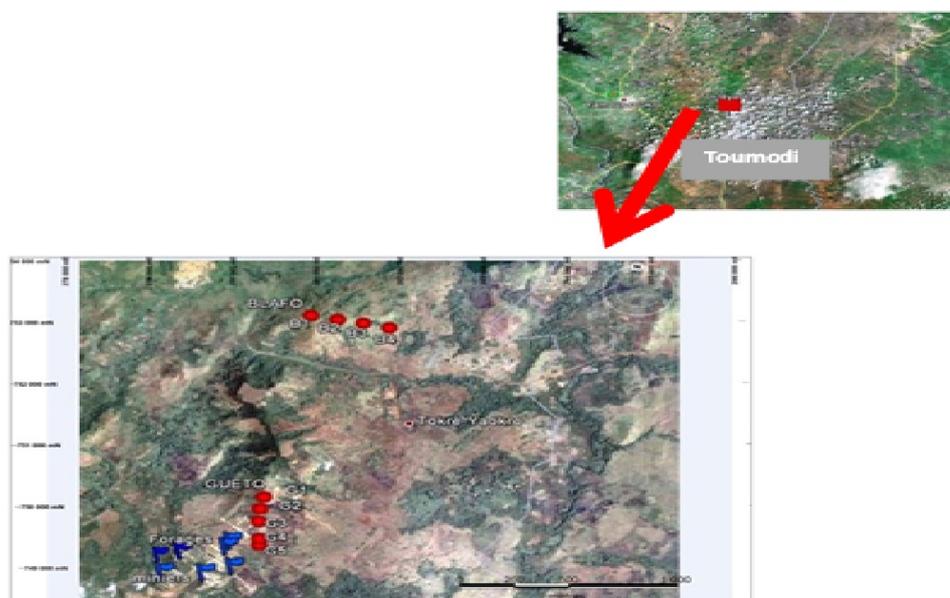
### **Descriptif du site de l'étude:**

#### **Cadre géographique**

Le site de l'étude jouxte le village de Tokréyaokro (fig.1). Ce village est à 6°48'N et 4°58'O et fait partie de la région de Toumodi. Il est plus au Nord de Toumodi et est particulièrement surplombé par les hautes collines du *Blafo* et du *Guétó* sur lesquelles se sont faites les observations.

#### **Climat et végétation**

Le secteur du *Blafo-Guétó* est soumis à un climat équatorial de transition atténué (climat Baouléen) (Leblond, 1984), avec une température moyenne d'environ 26°C. L'humidité y varie, de 75 à 85 % avec des chutes à 40 % en période d'harmattan (vent sec et dominant) et de 80 à 85 % en période pluvieuse (BNETD, 2001). Quant à la végétation, elle est le reflet de cette transition climatique et fait partie de l'écozone de contact forêt-savane (N'Guessan, 1990). Le secteur est donc le témoin d'une végétation arbustive et de reliques de forêt décidue.



**Fig. 1.** Localisation du site d'étude

### **Morphologie du paysage**

Le contexte géomorphologique dans la localité est dominé par la présence des deux grandes collines *Blafo* et *Guéto* avec l'existence de moyen et haut-glacis. Le plus haut sommet est autour de 501 m, où pour le cas de la colline *Blafo*, d'Est en Ouest, l'altitude varie de 100 à environ 450 m.

### **Géologie locale**

La vaste région du *Blafo-Guéto* est composée d'un complexe géologique comprenant trois (3) domaines dont les limites suivent la direction birrimienne NNE-SSW. Le premier domaine, situé au niveau des collines *Blafo* et *Guéto*, comprend les formations du complexe volcano-sédimentaire birrimien. Le deuxième domaine est constitué des granites et des migmatites éburnéens, situé de part et d'autre du premier domaine, au sud-est et au nord-ouest. Quant au troisième domaine, il est constitué des schistes arkosiques. Dans l'ensemble les formations rencontrées dans ce sillon sont des schistes, des grès, des quartzites, des conglomérats, des brèches, des roches basiques et acides, tous faiblement métamorphisés.

### **Activités minières**

La région du *Blafo-Guéto*, est une région où les indices en manganèse et en or ont été avérés. Concernant l'or, plusieurs travaux de recherche ont été exécutés, avec notamment des campagnes de géochimie sol, de sédiments de ruisseaux, de forages destructifs et carottés. Les travaux exploratoires avancés, ont nécessité l'ouverture de plate-forme de forage (fig. 2) ayant pour conséquence un début de dégradation de l'environnement par érosion et une accumulation de débris de roche en surface (fig. 3a et 3b).



**Fig.2.** Plate-forme de forage minier



**Fig.3.** Forte érosion du sol

### **Préparation des coupes d'observation**

L'observation des coupes de sol (profils ou fosses), permettant d'étudier les caractères macromorphologiques, s'est faite suivant deux toposéquences (fig. 1) en respectant les normes d'un dispositif stratifié par segment topographique (sommet, haut de versant, mi-versant et bas de versant), tel que décrit par Ruhe et Walker (1968). Ainsi, au niveau de la colline *Blafo*, la toposéquence est à une direction de 108°N avec 4 fosses pédologiques notées du sommet vers le bas de versant, B1, B2, B3 et B4. Quant à celle du *Guéto*, elle est à 185°N et composée de 5 fosses numérotées G1, G2, G3, G4 et G5. Ces fosses pédologiques ont été exclusivement réalisées sous la végétation naturelle avec des profondeurs variant de 0,7 m à 1,2 m au *Blafo* et de 1,2 m à 2 m au *Guéto*. Et, ces toposéquences ont été étudiées selon la méthode de Boulet et al. (1982).

### **Caractères observés**

Les caractères macromorphologiques ont été observés sur le terrain et ont porté sur la couleur, la structure, la texture, la cohésion, la porosité, la limite entre les couches et le drainage interne. Ces éléments ont donc permis de délimiter les horizons ou couches. La couleur, déterminée à l'aide du code Munsell, a permis de renseigner sur la présence ou non de matière organique dans les horizons et a contribué à d'indiquer le nom de chaque horizon et au final, le nom du sol dans chaque profil. La structure a été appréciée selon la présence ou non d'agrégats et à indiqué sur l'architecture du sol et donc sur le mode d'agencement de ses composants. La caractérisation de la dimension des particules minérales ou texture, s'est faite de façon tactile. Ainsi, lorsque le toucher de l'échantillon humecté est rugueux, on est dans la catégorie des sables. Si le toucher est doux, soyeux, ce sont les limons (diamètre entre 2 et 50  $\mu\text{m}$ ) et, quand le toucher est collant, on parle d'argile (diamètre  $< 2\mu\text{m}$ ). Le volume vide des sols ou porosité, correspondant au volume relatif des vides présents a été déterminé lorsqu'une fine quantité d'eau versée sur une motte de terre, arrive ou non à pénétrer. On parlera de sols poreux lorsque l'eau y pénètre et de non poreux, lorsqu'elle ne traverse pas l'échantillon. La limite entre les couches a été appréciée selon qu'elle est nette, régulière ou diffuse. Quant au drainage interne, elle a été déterminée en fonction des tâches d'oxydation, rouille, de décoloration, d'oxydo-réduction présentes sur les horizons. Ces tâches, étant la marque des signes d'excès d'eau (hydromorphie) ou non. Enfin, le taux des éléments grossiers a été déterminé après deux semaines, au laboratoire. Pour cette appréciation, des échantillons du sol, représentatifs de chaque horizon identifié ont été prélevés, séchés à l'air libre, sous abri, puis pesés. Ensuite, est effectué un tamisage à la maille de 2 mm et, le refus

constituant les éléments grossiers, est pesé. Le rapport du poids du refus sur le poids avant tamisage, indique ainsi, le pourcentage des éléments grossiers.

### Résultats et discussion

#### Séquence des profils ouverts

Les figures 4 et 5 indiquent les profils ouverts respectivement sur le Blafo et le Guéto. Les lettres A, B, C suivies des chiffres représentent la codification des horizons. Les horizons de surface et humifères sont notés A, les horizons argileux et d'accumulation notés B et les horizons proches de la roche mère, notés C.

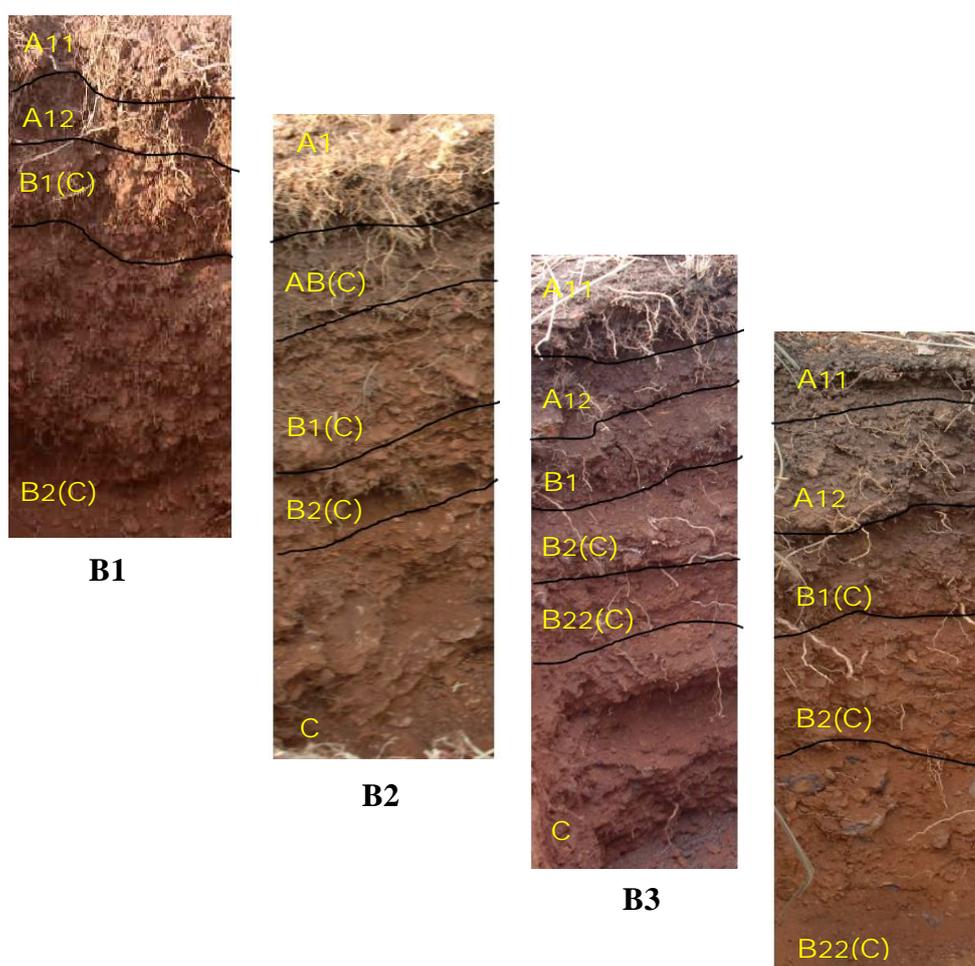
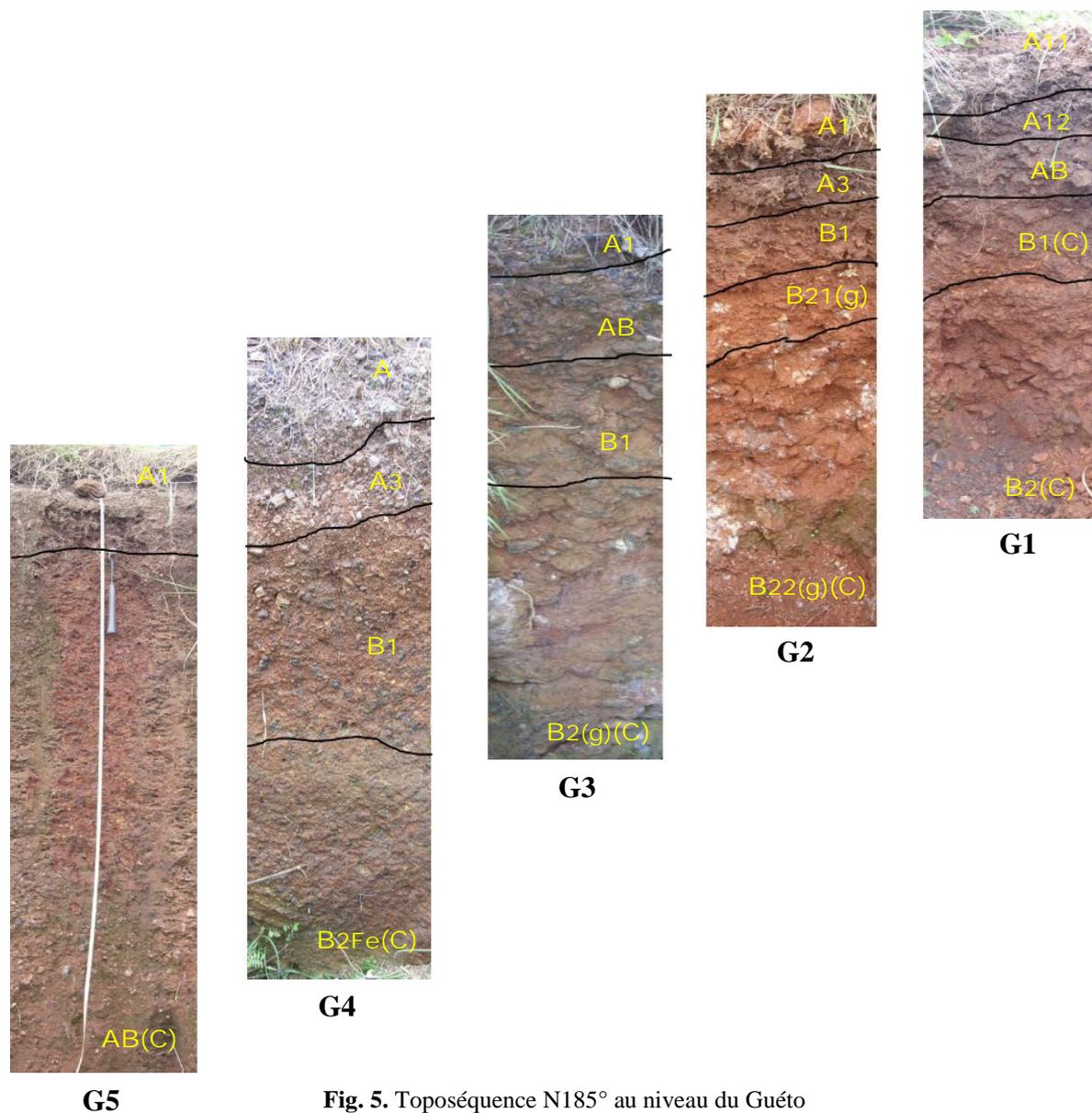


Fig. 4. Toposéquence N108° au niveau du Blafo

**B4**



**Fig. 5.** Toposéquence N185° au niveau du Guéto

Les horizons de sols décrits, sont dans l'ensemble brunifiés, présentant par endroits des indurations cuirassées (B1, G4 et G5). Et, chaque type de sol, classé selon l'indication de la Commission de Pédologie et de Cartographie des sols (CPCS, 1967) a fait, plutard, l'objet d'un classement dans le système "World Reference Base" (WRB) définit par la FAO en 2006. Ainsi, l'équivalent de ses sols brunifiés dans le système WRB, nous indique des cambisols. Le résumé de ces types de sols est consigné dans les tableaux I et II.

**Tableau I.** Sols décrits au Blafo

Profil	Type de classification	
	CPCS (1967)	WRB (2006)
B1	Sol brunifié, remanié, rajeuni à faciès induré	Cambisol pisoplinthique
B2	Sol brunifié, remanié, rajeuni	Cambisol
B3	Sol brunifié, rajeuni à faciès remanié	Cambisol
B4	Sol brunifié, remanié, induré à faciès rajeuni	Cambisol plinthique

**Tableau II.** Sols décrits au Guéto

Profil	Type de classification	
	CPCS (1967)	WRB (2006)
G1	Sol brunifié, remanié à faciès rajeuni	Cambisol
G2	Sol brunifié, rajeuni, remanié	Cambisol
G3	Sol brunifié, rajeuni, remanié	Cambisol
G4	Sol brunifié, remanié à faciès rajeuni et induré en profondeur	Cambisol plinthique
G5	Sol brunifié, remanié à faciès rajeuni et induré	Cambisol plinthique

### Caractères macromorphologiques décrits

Les caractères macromorphologiques des sols qui ont été décrits sont indiqués dans les tableaux III et IV. Différentes codifications ont été utilisées pour des besoins d'insertion dans les tableaux. Ainsi, au niveau :

- ✓ de la couleur : B = Brun ; BA = Bariolée ; BI = Bigarré ; BO = Brun orangé ; BS = Brun sombre ; BR = Brun rouge ; BRT = Brun rouge tachetée ; BRB = Brun rouge bariolée ; BST = Brun sombre tachetée ;
- ✓ de la structure : G = Grumeleuse ; P = Polyédrique ; PS = Polyédrique subanguleux ; PS±G = polyédrique subanguleux à tendance grumeleuse ; PA = polyédrique anguleux ;
- ✓ de la texture : A = Argileux ; AS = Argilo-sableux ; SA = Sablo-argileux ; SLA = Sablo-limono-argileux ; ASL = Argilo-sablo-limoneux ; LSA = Limono-sablo-argileux ;
- ✓ de la cohésion : C = Cohérent ; PC = Peu cohérent ; TC = Très cohérent ;
- ✓ de la porosité : P = Poreux ; PP = Peu poreux ; TP = Très poreux ;
- ✓ de la transition entre les horizons : Pr = Progressive, N = Nette ; D = Diffuse
- ✓ des tâches : OO = Ocre orangée ; OJ = Ocre jaune ; OR = Ocre rouge ; JO = Jaune orangée ; JV = Jaune violacée ; J = Jaune ; BE = Beige ; NO = Noir ; GL = Gley ; VI = Violet.

**Tableau III.** Caractères macromorphologies décrits au Blafo

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Couleur	Struct.	Textur e	Cohésio n	Porosit é	Transitio n horizon	Classe drainag e	% éléments grossiers	Tâches
B1	A11	0 - 5	B	G	SLA	C	TP	Pr	1,8	69,23	-
	A12	5 - 20	BR	G	ASL	PC	TP	Pr	1,6	84,62	-
	B1(C)g	20 - 39	BRT	P	ASL	PC	PP	Pr	2,3	83,33	OO/OJ
	B2(C)	39 - 70	BRB	P	ASL	PC	PP	-	7,5	71,33	OJ/OR
B2	A1	0 - 7	BS	G	ALS	C	P	Pr	1,8	70,00	-
	AB(C)	7 - 20	BRT	PS	ALS	PC	PP	Pr	2,2	83,33	JV
	B1(C)	20 - 50	BRT	PS	ASL	PC	PP	Pr	4,5	80,00	JO/JV
	B2(C)	50 - 60	BRT	PS	ASL	PC	PP	Pr	4,0	78,57	J
	C	60 - 100	BRT	PS	ASL	PC	PP	-	5,5	65,2	JO
B3	A11	0 - 10	BS	PS±G	ALS	C	P	N	1,7	68,14	-
	A12	10 - 22	BR	PS	ALS	PC	P	Pr	1,7	73,54	-
	B1	22 - 35	BR	PS	ALS	PC	P	Pr	1,6	72,25	-
	B2(C)	35 - 55	BRT	PS	ALS	PC	PP	D	3,5	71,33	J
	B22(C)	55 - 70	BRT	PS	A	PC	TP	Pr	6,5	67,85	J
	C	70 - 120	BI	PA	A	PC	TP	-	8,5	66,33	J
B4	A11	0 - 5	S	G	ALS	C	P	Pr	1,6	72,73	-
	A12	5 - 15	BS	P	ASL	PC	P	N	1,6	91,67	-
	B1(C)	15 - 30	BO	PS	AS	C	P	D	2,2	84,62	BE/J
	B2(C)	30 - 50	BR	PS	AS	C	P	D	2,5	81,82	JB/J
	B22(C)	50 - 70	BA	PS	AS	C	TP	-	5,5	79,33	J/NO

Les sols étudiés au Blafo comme au Guéto, sont fortement pourvus en éléments grossiers. Les pourcentages les plus faibles sont autour de 60. Les horizons les plus forts élevés sont ceux d'accumulation, notamment les horizons intermédiaires. Au niveau de la structure, les horizons de surface et humifères sont grumeleux, tandis que les horizons de profondeur sont polyédriques plus ou moins sub-anguleux.

**Tableau IV.** Caractères macromorphologies décrits au Guéto

Profil	Horizon	Prof. (cm)	Couleur	Struct.	Textur e	Cohésio n	Porosit é	Transitio n horizon	Classe drainag e	% éléments grossiers	Tâches
G1	A11	0 - 10	B	PS±G	LSA	PC	TP	Pr	1,6	75,00	-
	A12	10 - 25	BS	PS±G	SA	PC	TP	D	1,6	84,62	-
	AB	25 - 40	BST	PS±G	AS	PC	TP	N	1,8	85,57	OJ/OR
	B1(C)	40 - 65	BRT	PS	AS	C	P	Pr.	2,5	83,33	OR/OJ
	B2(C)	65 - 120	BRT	PS	AS	C	PP	-	3,5	83,33	OR/OJ
G2	A1	0 - 10	BS	PS±G	LSA	PC	TP	Pr	1,6	70,00	-
	A3	10 - 25	BST	PS±G	SA	PC	TP	Pr	1,8	81,82	OJ/BE
	B1	25 - 43	BST	PS±G	AS	PC	TP	N	1,8	81,82	OJ/OV
	B21(g)	43 - 70	BRT	PS	AS	C	P	D	2,5	66,66	GL/BE
	B22(g)(C)	70 - 160	BRT	PS	AS	C	P	-	5,5	66,67	GL/BE
G3	A1	0 - 20	BS	PS±G	LSA	C	TP	Pr	1,6	66,67	-
	AB	20 - 60	BS	PS±G	AS	C	TP	Pr	1,6	76,92	-
	B1	60 - 100	BRT	PS	AS	TC	P	Pr	1,8	63,64	VI/OR
	B2(g)(C)	100 - 200	BRT	PS	AS	TC	P	-	4,5	72,73	VI/GL/OR
G4	A1	0 - 15	BS	PS±G	LSA	C	P	D	1,6	63,63	-
	A3	15 - 47	BR	PS	SA	C	P	Pr	1,8	80,00	-
	B1	47 - 100	BRT	PS	AS	C	PP	Pr	4,5	76,92	OJ/NO
	B2FeC	100 - 140				Horizon induré				78,57	-
G5	A1	0 - 15	BS	PS±G	SA	PC	PP	N	1,60	78,57	-
	AB(C)	15 - 200	BRT	PS	AS	TC	PP	-	6,50	83,33	OJ/OV/NO

La texture est plus argileuse, plus ou moins argilo-sableuse dans les horizons intermédiaires ou de profondeur et sablo-argileux dans les horizons de surface. En surface, les horizons sont peu cohérents et très poreux. En revanche, ils sont cohérents à très cohérents en surface et peu poreux en profondeur. Les transitions entre les couches sont dans l'ensemble progressives entre les trois premières couches des profils et diffuses en profondeur. Le drainage est, dans l'ensemble, bon dans les deux premiers horizons car variant entre 1 et 2, moyen dans les horizons de profondeur (2 à 4). Au-delà de 5, le drainage est très mauvais et concerne les horizons notés C. Les taches d'oxydations, preuves d'un drainage moyen ou mauvais partent de l'ocre, du violacé, du jaune au gley.

### **Discussion**

Sur la base des caractères macromorphologiques décrits, l'ensemble des profils ouverts au Blafo comme au Guéto indique des sols bruns selon la classification CPCS. Ainsi, comme processus pédogénétique majeur, on parlera de brunification. La couleur brune des sols étant due à l'association de la teinte noire ou brun-noir de l'humus et de la teinte rouge ou orangée des composés du fer.

En plus d'être brunifiés, les sols développés sur la portion volcano-sédimentaire birrimien du *Blafo-Guéto* sont riches en éléments grossiers, rajeunis et indurés par endroits. On admet alors, comme l'a souligné Yao-Kouamé (2007a et 2007b) à l'issue de ses travaux à Anikro et à Kahankro (Toumodi) portant sur la portion volcano-sédimentaire de cette partie de la région Centre-Sud de la Côte d'Ivoire, que le remaniement et le rajeunissement accompagnent ce processus de brunification.

Le remaniement fait allusion aux taux des éléments grossiers, qui sont d'ailleurs très abondants dans les sols décrits au *Blafo-Guéto*, dépassant les 60%. Et, ils sont plus abondants dans les horizons intermédiaires, d'accumulations à texture argilo-sableuse. La présence significative de ces éléments grossiers, composés essentiellement de concrétions ou nodules ferrugineuses et de quartz peuvent constituer un obstacle majeur au développement racinaire et, en revanche, maintenir la porosité du sol et la protection contre le tassement. Cette grande porosité qu'ils occasionnent devrait contribuer à réduire considérablement l'eau dans le sol, mais, la nature de ces éléments grossiers (concrétions et nodules ferrugineuses) pourrait permettre à l'eau de s'y imbibée et être restituée aux plantes. Ceci a été signalé par Boa (1989) dans ses travaux sur la caractérisation des contraintes agronomiques des sols gravillonnaires de Booro-Borotou à Touba au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire.

Les structures décrites au Blafo-Guéto, sont dans l'ensemble grumeleuses dans les horizons humifères ou les premiers horizons de chaque profil et polyédriques subanguleuses

dans les autres horizons. Ceci dénote du fonctionnement du sol et, l'étude structurale des couches de sol, nous renseigne sur beaucoup de paramètres. En effet, un sol bien structuré s'apparente à la structure grumeleuse dont les avantages vont d'une bonne rétention de l'eau et des éléments nutritifs, d'un bon drainage, d'une bonne aération, d'un bon développement du système racinaire des végétaux à une bonne résistance à l'érosion. Cette structuration grumeleuse, très bonne, est d'origine biologique et racinaire, différente de la structure polyédrique subanguleuse. La structuration polyédrique subanguleuse se fait par la fissuration des argiles et des limons et comme, l'indiquent Baize et Jabiol (1995), elle est d'une bonne qualité agronomique, mais moins bonne, comparée à la structure grumeleuse. Ainsi, la corrélation est bien faite, dans le cas des sols décrits au Blafo et au Guéto, où nous apprécions parfaitement le lien entre bonne porosité, bon drainage, manque de tâches d'hydromorphie et structure grumeleuse. Par contre, les tâches sont observées à partir des horizons à structure polyédrique subanguleuse, témoignant de la présence temporaire d'un engorgement en eau et où les limites entre les couches sont nettes ou progressives. Ces tâches ici, étant différentes des couleurs hétérogènes due à l'altération des minéraux, tel que souligné par Yoro en 2002.

### **Conclusion**

Les conditions actuelles des sols décrits sur les collines Blafo et Guéto, indiquent des sols brunifiés, pourvus en un fort taux d'éléments grossiers. L'appréciation de quelques caractères macromorphologiques de ces sols développés sur la portion volcano-sédimentaire, au travers de deux toposéquences ressort une très bonne structuration des horizons humifères allant jusqu'à 30 à 40 cm. Au-delà de cette profondeur, les structures sont moins bonnes et présentant par endroit des conditions d'hydromorphie temporaire. La contrainte majeure de ces sols, pourrait être ainsi, le fort taux élevé des éléments grossiers.

### **Références:**

- Baize D. et Jabiol B., 1995. Guide pour la description des sols. *Collection techniques et pratiques*, INRA, Paris, 375 p.
- Bech J., Roca N., Barceló J., Duran P., Tume P. and Poschenrieder C., 2012. Soil and plant contamination by lead mining in Bellmunt, Western Mediterranean Area. *J. Geochem. Explor.* 113, 94–99.
- Boa D., 1989. Caractérisation, propriétés hydrodynamiques, contraintes et potentialités agronomiques des sols gravillonnaires : cas de Booro-Borotou (région de Touba, Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). *Thèse Doc-Ing.*, Université d'Abidjan, 126 p.

- Bouabdli A., Saïdi N., El Founti L. et Leblanc M., 2004. Impact de la mine d'Aouli sur les eaux et les sédiments de l'oued Moulouya (Maroc). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 140, 27-33.
- Boulet R., Chauvel A., Humbel F-X. et Lucas Y., 1982. Analyse structurale et cartographie en pédologie. I- Prise en compte de l'organisation bidimensionnelle de la couverture pédologique : les études de toposéquences et leurs principaux apports à la connaissance des sols". *Cah.ORSTOM., ser. Pedol.*, vol.XIX, n°4, 1982 : 309-321.
- CPCS, 1967. Classification des sols. *Travaux CPCS 1963-1967*, 100 p.
- FAO, 2006. World reference base for soil resources. A framework for international classification, correlation and communication. *World soil resources reports*, 103, 145p.
- Gómez-Álvarez A., Valenzuela-García J. L., Meza-Figueroa D., O-Villanueva M., Ramírez-Hernández J., Almendariz-Tapia J. y Pérez-Segura E., 2012. Impact of mining activities on sediments in a semi-arid environment: San Pedro River, Sonora, Mexico. *Appl. Geochem.* 26, 2101–2112.
- Grandin G., 1976. Aplanissements cuirassés et enrichissement des gisements de manganèse dans quelques régions d'Afrique de l'ouest". *Mém. ORSTOM* 82, 275 p.
- Grandin G. et Perseil E. A., 1983. Les Minéralisations Manganésifères Volcano-sédimentaires du Blafo-Guétó (Côte d'Ivoire) - Paragenèses - Altération Climatique. *Mineral. Deposita* 18, 99-111.
- Leblond P., 1984. Contribution aux études hydrogéologiques en Côte d'Ivoire. Région de Yamoussoukro (Station expérimentale de l'ENSTP). *Thèse de 3è cycle de l'Université de Bordeaux I*, France, n° d'ordre 2015, 150 p.
- Qiu G., Feng X., Meng B., Sommar J. and Gu C., 2012. Environmental geochemistry of an active Hg mine in Xunyang, Shaanxi Province, China. *Appl. Geochem.*, 27, 2280–2288.
- Ruhe R. V. et Walker P. H., 1968. Hillslope models and soil formation: 1. Open systems. *Trans. Int. Cong. Soil Sci.* 9th, 4 : 551-560.
- Saidi N., Brhada F., Zaïd A., Bouabdli A. et Escarré J., 2002. Impact de la mine d'Aouli sur l'écosystème au niveau de la Haute Moulouya (Maroc). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 138, 21-27.
- Salinas Villafane O. R., Igarashi T., Kurosawa M. and Takase T., 2012. Comparison of potentially toxic metals leaching from weathered rocks at a closed mine site between laboratory columns and field observation. *Applied Geochemistry*, 27 (2012) 2271–2279.
- Sonnendrucker P., 1968. Etude de synthèse sur l'or de Côte d'Ivoire. Les régions aurifères dispersées. *Rap. SODEMI*. n°220, 97 p.

Yao-Kouamé A., 2007a. Nature des éléments grossiers observés dans les sols brunifiés dérivés de matériaux du complexe volcano-sédimentaire de Toumodi - Kanhankro en moyenne Côte d'Ivoire. *Rev. CAMES- Série A*, Vol. 05, pp 39-52.

Yao-Kouamé A., 2007b. Caractéristiques physiques des sols brunifiés dérivés des formations du complexe volcano-sédimentaire de Kanhankro (Toumodi) en moyenne Côte d'Ivoire. *Rev. CAMES- Série A*, Vol. 05, pp 76-86.

Yoro G., 2002. La pédologie pour une gestion durable des sols. Cours d'initiation pour les agents des caisses de stabilisation et de péréquation du Gabon. *Document interne du CNRA*, Abidjan, 24 p.

Zanone L., 1964. Le manganèse de Côte d'Ivoire. *Rapport multigr. SODEMI*. no.44 et 44 bis, 273 p.