

Nature minéralogique et niveau d'évolution d'un Cambisol développé sur schiste dans la région d'Azaguié, Sud-Est de la Côte d'Ivoire

[Mineralogical nature and evolution level of a Cambisol developed on schist in region of Azaguié, South-east of Côte d'Ivoire]

Kouadio Emile YOBOUE, Koffi Patrice KOUADIO, Ange Delwende Laurette KABORE, and Albert YAO-KOUAME

UFR STRM, Département des Sciences du Sol, Université Félix Houphouët-Boigny de Cocody,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: A study was conducted on the site of the Institut des Nouvelle Technique Agricole d'Azaguié in order to understand the role of minerals in assessing the level of soil evolution. To this end, a study of different soil fractions was carried out. Thus, a mineralogical study of the sandy fraction was carried out by sorting on a sieve column. Whereas the mineralogy of the total soil and the clay fraction were determined by X-ray diffractometry. The results obtained under this study reveal that in the sand fraction, quartz (over 50%) is the most abundant mineral at all topographic levels whereas iron oxides (hematite and martite) are observed only in mid and lower slopes. In total soil, clay (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) is observed at 4-19 %, oxides (goethite, quartz) with 67-91 % content and primary minerals (muscovite, feldspar) to 5-14 %. Whereas the clay fraction is only provided with kaolinite type clay (over 80%), smectite, chlorite and interlaminate (chlorite-smectite and illite-vermiculite) at about 5%. These soils are highly advanced due to their high kaolinite and mineral content, such as quartz and also the presence of hematite, goethite and martite. These mineralogical characteristics expose the soil to a depletion and a firing.

KEYWORDS: Cambisol, soil fraction, minerals, Azaguié, Côte d'Ivoire.

RESUME: Une étude a été menée sur le site de l'Institut des Nouvelles Techniques Agricole d'Azaguié dans le souci de comprendre le rôle des minéraux dans l'appréciation du niveau d'évolution des sols. Pour cela, il a été procédé à une étude de différentes fractions du sol. Ainsi, une étude minéralogique de la fraction sableuse a été réalisée par tri sur une colonne de tamis. Tandis que la minéralogie du sol total et de la fraction argileuse ont été déterminées par diffractométrie de rayons X. Les résultats obtenus aux termes de cette étude révèlent que dans la fraction sableuse des sols, le quartz (supérieur à 50%) est le minéral le plus abondant à tous les niveaux topographiques alors que, les oxydes de fer (hématite et martite) ne s'observent qu'en milieu et bas de versant. Dans le sol total, s'observent à la fois des minéraux argileux (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) à une teneur de 4-19%, des oxydes (goethite, quartz) avec une teneur de 67-91% et des minéraux primaires (muscovite, feldspath) à hauteur de 5-14%. Tandis que la fraction argileuse du sol est uniquement pourvue en minéraux argileux de type kaolinite (supérieur à 80%), smectite, chlorite et des interstratifiés (chlorite-smectite et illite-vermiculite) à environ 5%. Ces sols sont très évolués vu leur forte teneur en kaolinite et en minéraux peu altérables comme le quartz et aussi par la présence d'hématite, de goethite et de martite. Ces caractéristiques minéralogiques exposent le sol à un appauvrissement et à un cuirassement.

MOTS-CLEFS: Cambisol, fraction du sol, minéraux, Azaguié, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

La caractérisation pédologique d'une région naturelle nécessite un effort d'investigation à la fois humaine, logistique, financière et scientifique [1]. Cet effort est d'autant plus important que la région étudiée est étendue et hétérogène et s'avère donc souvent difficile de mettre en œuvre une campagne d'étude pédologique à l'échelle régionale [2]. L'on se base très souvent sur des études plus ou moins ponctuelles et/ou généralement de diffusion restreinte, qui servent utilement de base à la connaissance régionale des sols [3]. Ainsi, la plupart des sols de grands domaines agricoles ou même de grands instituts se réclamant des spécialités des sciences du sol restent à ce jour encore inconnus. Pour pallier à cet état des faits dans la connaissance scientifique des sols, l'Institut des Nouvelles Techniques Agricoles (INTA) d'Azaguié a initié avec des laboratoires d'université des séances d'apprentissage et de recherches. Cependant, la plupart des travaux entrepris dans ce contexte par [4] et par [5] n'ont fait cas que des critères relativement simples telles que la couleur, la charge en éléments grossiers, la profondeur, la texture, le remaniement, pour en apprécier la qualité. Aucun de ces travaux ne soulève la question de l'influence des minéraux des sols dans la connaissance et l'appréciation des aspects morphologiques des sols. Créant ainsi des manquements dans la connaissance des sols du domaine d'exploitation de cet institut dont un des objets d'étude est le sol. Pourtant, bien de travaux scientifiques sur les sols évoquent le rôle des minéraux dans la connaissance et dans l'interprétation des données sur le sol selon [6]. C'est pour compenser ce manque d'informations dans la connaissance des sols de l'INTA que le présent travail s'applique à définir les différents minéraux observés dans les sols ainsi que leurs significations au cours des processus pédologiques.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

La zone de l'étude se trouve dans la région administrative de l'Agneby-Tiassa, dans le département d'Agboville, et précisément dans la sous-préfecture d'Azaguié (coordonnées 5°35' et 6°15' de latitude Nord et 3°55' et 4°40' de longitude Ouest) en zone forestière de la Côte d'Ivoire [7] (Figure 1). Le site étudié est celui de l'Institut de Nouvelles Techniques Agricoles (INTA) situé à 5 km d'Azaguié et repérable par les coordonnées 5°40'28'' de latitude Nord et 4°06'48'' de longitude Ouest.

2.2 CLIMAT ET VÉGÉTATION

Le climat de la région est de type équatorial dans la zone littorale et tropical humide de type Attiéen vers Agboville. Avec une température moyenne annuelle de 28°C, cette zone est caractérisée par quatre (4) saisons:

- Une grande saison sèche, de Décembre à Mars;
- Une grande saison des pluies, d'Avril à mi- juillet;
- Une petite saison sèche, mi- juillet à mi- Septembre et
- Une petite saison des pluies en mi- Septembre à Novembre.

La végétation varie de la forêt claire sur le littoral au Sud à la forêt dense sempervirente et ombrophile vers le Nord de la région selon [8].

2.3 RÉSEAU HYDROGRAPHIQUE ET RELIEF

La région renferme un réseau hydrographique très dense composé du fleuve Comoé et des rivières Mé et Agnéby ainsi que leurs affluents [8].

Le relief est faiblement ondulé (pénéplané) avec de nombreuses petites collines aux pentes faibles de moins de 5 % [9].

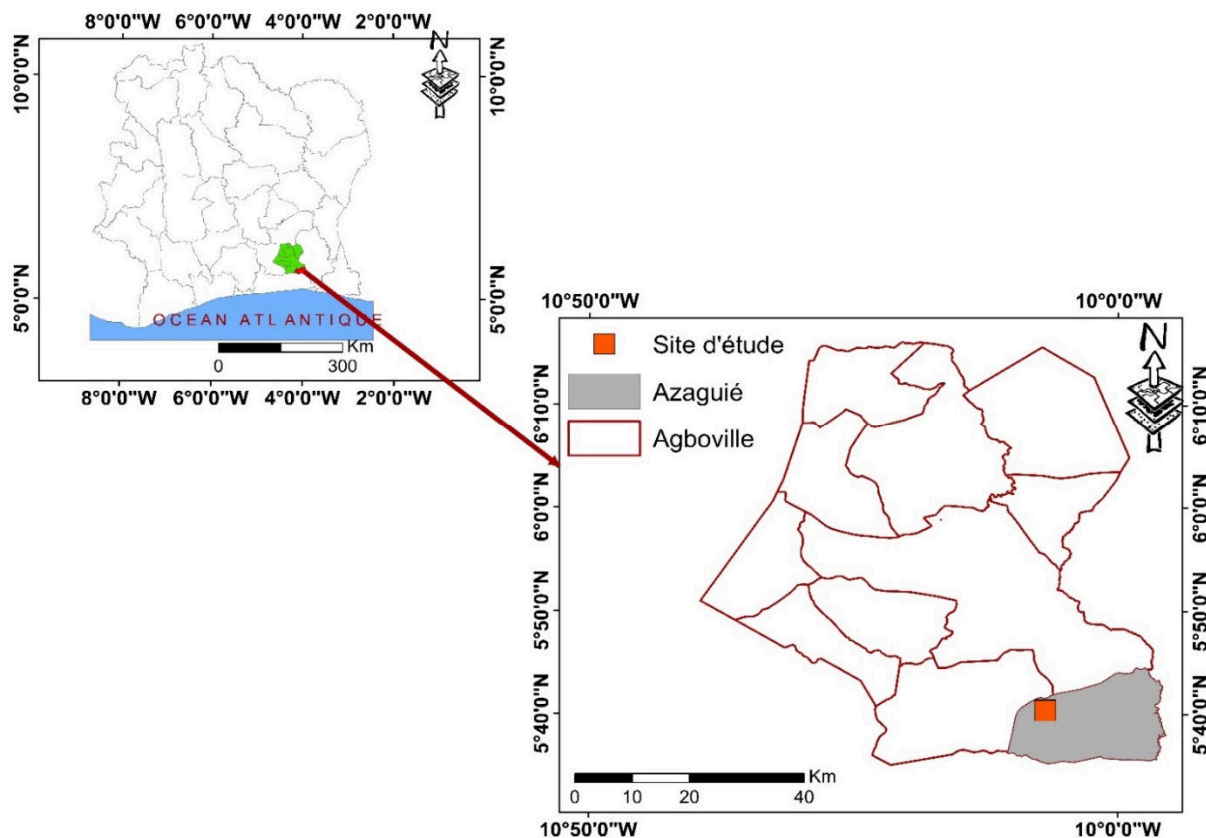


Fig. 1. Localisation de la Région de l'Agnéby-Tiassa et du site d'étude

2.4 GÉOLOGIE ET SOL

La géologie de la région est marquée par un ensemble formé de deux unités géologiques dont le bassin sédimentaire situé au Sud et le socle cristallin au Nord [10]. Le socle cristallin est constitué de formations birimiennes qui sont les schistes, les métaarénites et les métasiltstones dans lesquelles apparaissent en intrusions des granitoïdes éburnéens composés de gneiss, de granites, de granito-gneiss avec des auréoles de métamorphisme [8].

Au niveau pédologique, la plupart des sols de cette localité appartiennent à la classe des sols ferrallitiques (Ferralsols) développés sur du schiste Birimien parfois bariolé riche en silice selon [11] ou encore du schiste vert [7].

2.5 CARACTÉRISATION MINÉRALOGIQUE

L'étude minéralogique a été appliquée à différents types d'échantillons pour une caractérisation plus aisée des sols observés.

2.5.1 LA FRACTION SABLEUSE DU SOL

Pour l'étude de la minéralogie de la fraction sableuse du sol, 50 grammes de sol sont lavés à l'eau savonneuse sur une colonne de trois tamis de mailles 2 mm, 1 mm et 500 μ m (de haut en bas). Les refus des différents tamis ont été récupérés dans des boîtes de pétris et séchés ensuite à l'étuve jusqu'à évaporation complète de l'eau. Les échantillons séchés sont pesés et triés à la loupe binoculaire. Cette dernière étape permet la séparation et l'identification des minéraux selon le critère de ressemblance en tenant compte de la forme, de la couleur, du degré d'altération, de la cassure etc. Pour chaque maille de tamis, le pourcentage (%) des minéraux est calculé par rapport à l'échantillon de l'horizon considéré selon la formule suivante :

$$\text{Minéral (\%)} = 100 * m_x / m_t \text{ où } m_x = \text{masse du minéral X et } m_t = \text{masse totale de l'échantillon considéré.}$$

2.5.2 LE SOL TOTAL

La technique utilisée pour l'analyse du sol total a été calquée sur la méthode de [12]. Ainsi deux grammes de sols ont été prélevés et broyés dans un mortier en agate. La poudre de sol obtenue est ensuite tamisée à l'aide d'un tamis de 63 μm . Le passant est compacté dans le creux du porte-échantillon à l'aide d'une plaque de verre, puis analysé au DRX pendant 1h, dans un intervalle angulaire 2 Θ (2 - 60).

2.5.3 LA FRACTION ARGILEUSE

Les échantillons de sols ont subi une série de traitement afin d'en extraire la fraction argileuse. En effet, la méthode procède d'abord à la décarbonation et à la destruction de la matière organique respectivement avec de l'acide chlorhydrique et l'eau oxygénée à 10%. Ensuite ces échantillons ont été lavés par plusieurs séries de centrifugation de 10 minutes à 2000trs/min. Pour le rinçage final, une centrifugation de 40 minutes à 3000trs/min a été nécessaire. Au terme de cette opération, les fractions argileuses ainsi extraites de ces sols ont été conservés dans des piluliers en vue de la confection des lames orientées. Pour ce fait, les piluliers sont agités à la main afin de mettre en suspension les minéraux argileux, puis laissés reposer pendant 50 minutes. On pipette ensuite les 2cm supérieur à partir de la surface du liquide. La solution d'argile ainsi prélevée est mise à sécher à l'air libre sur une lame de verre. Une fois séchée, la lame est analysée au DRX avant d'être placée en atmosphère saturée à l'éthylène glycol. Après la saturation des minéraux en 12heures, les lames sont à nouveau analysées au DRX puis chauffées au four à 500°C pendant 4 heures et analysées [12].

La détermination des minéraux argileux aux rayons X a été basée sur la connaissance de la distance réticulaire des plans (001) ou de leurs harmoniques (002), (003), et (004) qui sont des fractions entières de la distance basale (001). Les facteurs de correction des intensités selon [13] ont été utilisés pour la quantification de ces minéraux argileux.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION SABLEUSE DES SOLS ÉTUDIÉS

Les résultats de l'étude minéralogie de la fraction sableuse effectuée à la loupe binoculaire sur les refus des tamis 2 mm, 1 mm et 500 μm sont consignés dans le tableau I.

- Au sommet (S), la fraction sableuse du sol est constituée uniquement de quartz. Les quartz de 500 μm de taille ont été les plus abondants avec un pourcentage de 84,21 à 84,74 respectivement dans les échantillons E_{1S} et E_{2S}. Les mailles de 1 mm ne renfermaient que 15,25 à 15,75 % de quartz.
- Au milieu de versant (MV), le quartz a été également le minéral le plus abondant dans les mailles de 500 μm avec une concentration de 39,17 et 80 %. C'était le minéral le plus abondant à ce niveau topographique, mais moins abondant par rapport au sommet. Seul l'échantillon E_{2MV} contenait du quartz de 2 mm avec un pourcentage de 34,78. Les martites ont été présentes dans l'échantillon E_{1MV} dans la fraction de 500 μm avec une teneur de 14,42 % et dans celle de 1 mm, estimés à 10,33 %.

L'hématite était présente mais avec une faible teneur estimée à 4,35 %, observée uniquement dans la maille de 500 μm dans l'horizon E_{2MV}.

-Au bas de versant (BV), les quartz de la fraction 500 μm ont été toujours les plus abondant (42,20 et 33,30 %). Le taux de quartz a été moins important par rapport à celui du milieu de versant. A cette position topographique, l'hématite et la martite n'ont été observées que dans les mailles de 500 μm . La proportion de l'hématite a été plus importante à ce bas de versant qu'au milieu de versant avec des pourcentages de 28,49 et 33,33 % observées respectivement dans les échantillons E_{1BV} et E_{2BV}. Par contre, l'abondance des martites a été pratiquement identique à celle observée au milieu de versant avec 14,20 et 14,66 %.

En définitive, il ressort de l'étude de la fraction sableuse que trois types de minéraux ont été observés à savoir le quartz, l'hématite et la martite (Figure 2).

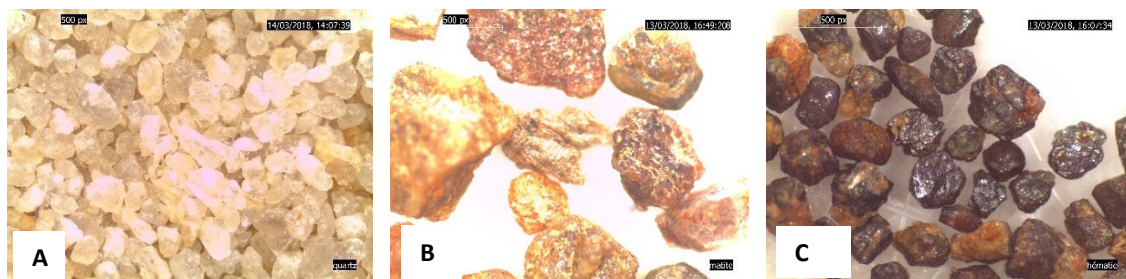


Fig. 2. Minéraux observés dans la fraction sableuse des sols étudiés

A= Quartz, B= martite et C= hématite

Tableau 1. Proportion minéralogique de la fraction sableuse du sol étudié

NT	Echantillons	Mailles	Minéraux observés		
			Quartz %	Hématite %	Martite %
S	E _{1S} (4/7cm-29/33cm)	2mm	-	-	-
		1mm	15,79	-	-
		500µm	84,21	-	-
	E _{2S} (29/33cm-83/88cm)	2mm	-	-	-
		1mm	15,25	-	-
		500µm	84,75	-	-
MV	E _{1MV} (17cm-27cm)	2mm	-	-	-
		1mm	25	-	10,33
		500µm	50	-	14,42
	E _{2MV} (58/59cm-108cm)	2mm	34,78	-	-
		1mm	21,75	-	-
		500µm	39,13	4,35	-
BV	E _{1BV} (5cm-25cm)	2mm	-	-	-
		1mm	15,19	-	-
		500µm	42,20	28,49	14,20
	E _{2BV} (>25cm)	2mm	-	-	-
		1mm	18,68	-	-
		500µm	33,33	33,33	14,66

NT=niveau topographique, S=sommet ; MV=milieu de versant ; BV=bas de versant ; E= échantillon

3.2 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DU SOL TOTAL

Les résultats obtenus après analyse du sol total sont consignés dans le tableau II ci-après.

À l'observation de ce tableau, les minéraux identifiés dans le sol total étaient le quartz, la goethite, la muscovite, l'albite, la kaolinite, l'antigorite et l'interstratifié montmorillonite-chlorite. Ces différents minéraux ont été observés à différentes proportions selon le niveau topographique :

- Au sommet, s'observaient le quartz (91,10%), la muscovite (4,7%), la kaolinite (2,5%) et l'antigorite (1,7%). La goethite et l'albite existaient en trace tandis que la montmorillonite-chlorite était absente.
- Au milieu de versant, s'observaient les mêmes minéraux qu'au sommet sauf en des proportions différentes de ceux-ci. Ainsi, pouvait se noter la présence du quartz (86,7%), de la muscovite (6,4%), de la kaolinite (3,2%) et de l'antigorite (3,7%).
- Au bas de versant, tous les minéraux étaient présents. Le quartz, la muscovite, la kaolinite et l'antigorite ont été estimés respectivement à 65,5 ; 10,7 ; 7,5 et à 6,3 %. La goethite, l'albite et la montmorillonite-chlorite, qui étaient en trace ou absents au sommet et au bas de versant ont été observés et respectivement à des proportions de 2,00 ; 3,2 et 4,8 %.

Tableau 2. Composition minéralogique du sol total

Niveaux Topographiques	Composition minéralogiques						
	Qtz	Goet	Musc	Alb	Kao	Ant	Mon-Chl
Sommet	91,10	Trace	4,7	Trace	2,5	1,7	0
Milieu de versant	86,7	Trace	6,4	Trace	3,2	3,7	0
Bas de versant	65,5	2,00	10,7	3,2	7,5	6,3	4,8

Goet=goethite, Musc=muscovite, Alb=albite, Kao=kaolinite, Ant=antigorite, Mon-Chl=montmorillonite-chlorite, Qtz=quartz

Il est aisé de comprendre que ces sols renfermaient des oxydes (quartz, goethite), des minéraux primaires (muscovite, albite) et des minéraux argileux (kaolinite, antigorite, montmorillonite-chlorite) tel que présenté par la figure 3. Sur cette figure, au sommet de la colline, les minéraux argileux représentaient 4 % de la composition minéralogique et ont été dominés essentiellement par la kaolinite et l'antigorite. Les minéraux primaires identifiés étaient évalués à 5 % de la composition minéralogique globale et étaient dominés à plus de 73 % par la muscovite, l'albite existant en trace. Quant aux oxydes, évalués à 91% de la composition minéralogique globale, étaient quasi-totalement dominés par le quartz, avec des traces de goethite (Figure 3a). En milieu de versant, les minéraux argileux représentaient 7 % de la composition minéralogique globale et étaient dominés par la kaolinite. Les minéraux primaires représentant 6 % de la composition minéralogique globale, étaient essentiellement constitués de muscovite avec des traces d'albite. Les oxydes, estimés à 87 % de la minéralogie du sol total avec des traces de goethite, ont été fortement dominés par le quartz (Figure 3b).

En bas de versant, 19 % de la composition minéralogique globale étaient constitués des minéraux argileux dont la kaolinite représentait à elle seule plus de 40 %. Cependant, une remarque importante est à faire concernant l'augmentation des proportions d'antigorite (33%) et d'interstratifié montmorillonite-chlorite (27%). Les minéraux primaires représentaient 14 % de la composition minéralogique globale. Bien que dominés par la muscovite à plus de 82 %, ces minéraux primaires comptaient en ce bas de versant plus de 3 % d'albite. Pour ce qui est des oxydes, ils constituaient 67,5 % de la minéralogie du sol total et étaient dominés par le quartz à plus de 97 % auquel s'ajoutait la goethite (Figure 3c).

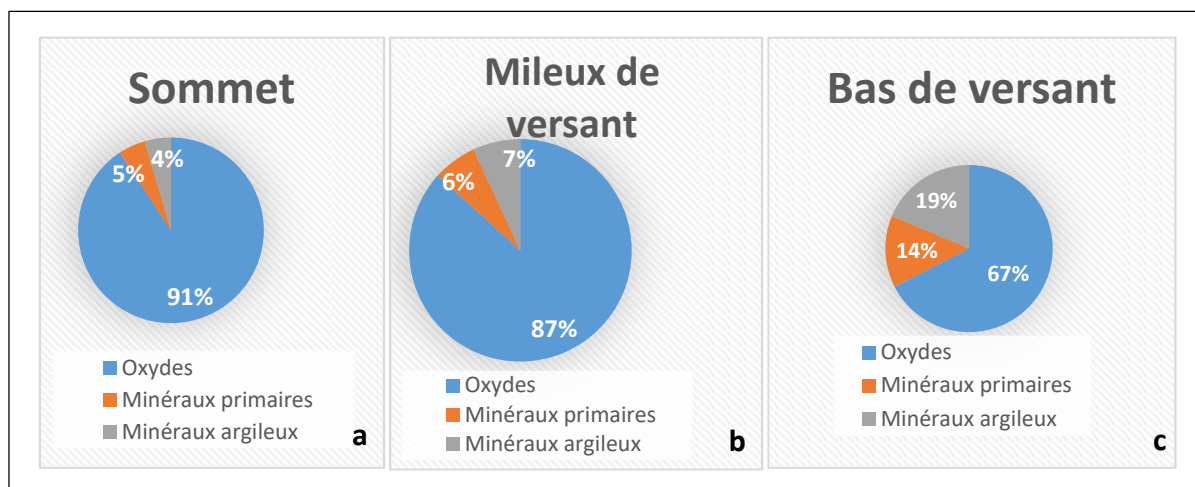


Fig. 3. Proportion des oxydes, des minéraux primaires et des minéraux argileux par niveau topographique.

3.3 EVOLUTION DE LA MINÉRALOGIE DU SOL TOTAL DU SOMMET AU BAS DE VERSANT

Suivant une observation dans le plan vertical, la figure 4 permet de comprendre la dynamique des différents minéraux depuis le sommet jusqu'au bas de versant. Sur cette figure, à part le quartz dont les teneurs diminuaient du sommet au bas de versant (37,4-35,6 et 27 %), tous les autres minéraux avaient leurs teneurs qui augmentaient du sommet au bas de versant. L'albite et la goethite, absents au sommet et en milieu de versant, se retrouvaient uniquement qu'au bas de versant.

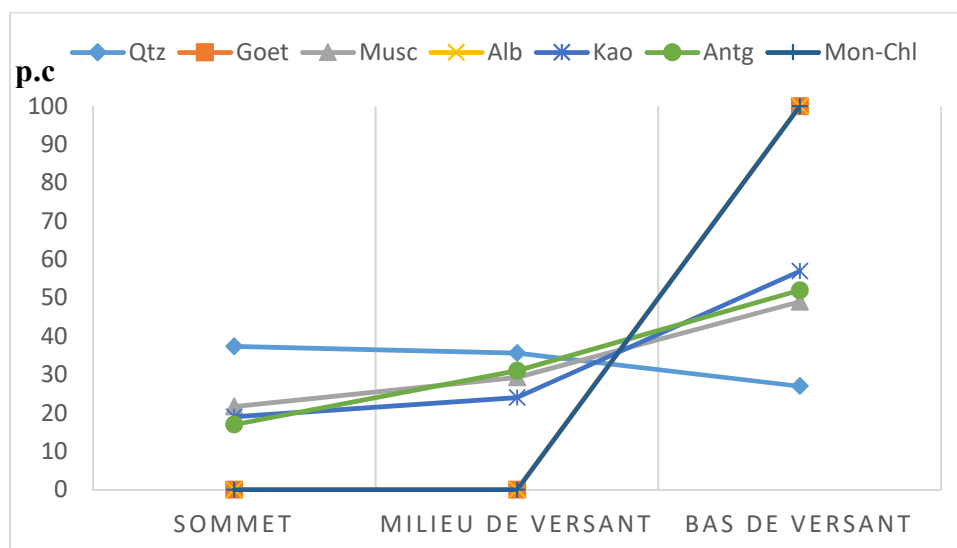


Fig. 4. Dynamique des minéraux du sol total le long de la toposéquence

Goet=goethite, Musc=muscovite, Alb=albite, Kao=kaolinite, Ant=antigorite, Mon-Chl=montmorillonite-chlorite, Qtz=quartz

3.4 CARACTÉRISTIQUES MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION ARGILEUSE

Les caractéristiques minéralogiques constatées au niveau de la fraction argileuse des sols sont récapitulés dans le tableau III. Le comportement des différents minéraux face aux différents traitements a été trouvé comme suit :

- **Kaolinite:** Les plans (001), (002) et (003) ont été respectivement représentés par les raies 7,2Å, 3,6Å et 2,4 Å au normal et au glycol. Toutes ces raies ont disparu au chauffage à 600°C et la présence des raies 7,2Å, 3,6Å et 2,4 Å ont confirmé la présence de la Kaolinite.
- **Illite-Vermiculite:** Aux sections (002), la raie 5Å ne varie pas aux différents traitements. On constate que les raies des différentes sections diminuent. La présence de l'illite est confirmée par les raies 5Å. Aux plans (001) des traitements, les valeurs sont ramenées à 10 Å. Ce qui traduit le non gonflement et la consolidation du minéral à la raie 10 Å. Il s'agit donc de la Vermiculite K+. Le minéral interstratifié est Illite-Vermiculite.
- **Chlorite-Smectite :** À l'état naturel et au chauffage, les valeurs des plans (001), (002), (003) et (004) sont respectivement représentés par les raies de (14Å, 7Å, et 3,5Å). Au traitement avec le glycol, le plan (001) prend les valeurs 14-15Å et le plan (003) a une raie de 4,8Å, cette augmentation de la valeur de ces raies pourrait être due à la présence de l'argile gonflante (smectite). Aux sections (001), la raie 14Å à l'état normal et aux sections (004), la raie 3,5 Å au chauffage, caractérisent la chlorite. Il y a donc un minéral interstratifié : la chlorite-smectite.
- **Smectite :** A l'état naturel, les plans (001), (002), (003) et (004) sont respectivement représentés par les raies 15Å, 7,5 Å et 3,8 Å. Au traitement avec le glycol, les raies (001), (003) et (004) prennent respectivement les valeurs 17Å, 6,1Å, et 4Å. À l'ajout du glycol, on assiste à une augmentation des valeurs qui pourraient se traduire par la présence d'argile gonflante. Au chauffage, les valeurs de ces raies diminuent, il s'agit donc de la Smectite caractérisée par la raie 10Å.
- **Chlorite :** Ce minéral présente respectivement, selon les sections (001), (002) et (004), les raies 14 Å, 7 Å et 2,4 Å qui restent invariables quel que soit le traitement auquel l'échantillon est soumis.

Tableau 3. Tableau récapitulatif de l'identification des minéraux argileux

Ech	ASQ	Position (d) en Å												Minéraux
		N				G				CH				
		001	002	003	004	001	002	003	004	001	002	003	004	
S	2,3%	19-17	9,8	7,3		28-26	17	8,2	5,3	17	12,5	4,3		Chlorite-Smectite
	3,7%	11,3-10	5	3,36		11-10	5	3,3		10,6-10	5	3,3		Illite/Vermiculite
	94%	7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		Kaolinite
MV	1,6%	18-17	11,3	6,3		32-25	17			17	12	4,3		Chlorite-Smectite
	2,1%	14	7		2,4	14	7		2,4	14	7		2,4	Chlorite
	9,0%	11,3-10	5	3,36		11-10	5	3,3			10	5	3,3	Illite/Vermiculite
BV	87,2%	7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		Kaolinite
	3,0%	15	7,5	5	3,8	17		6,1	4,1	10	5	2,5	2	Smectite
	6,1%	14	7	4,7	3,5	14-15		4,8	2,4	14	7	4,7	3,5	Chlorite-Smectite
BV	10,5%	11,4-10	5	3,36		12-10	5	3,3		11-10	5	3,3		Illite/Vermiculite
	80,4%	7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		7,2	3,6	2,4		Kaolinite

N= normal ; G= glycérol ; CH= chauffage ; Ech= échantillons ; ASQ=analyse sémi-quantitative S=sommet ; MV=milieu de versant ; BV=bas de versant

3.5 PROPORTIONS MINÉRALOGIQUES DE LA FRACTION ARGILEUSE

Quel que soit le niveau topographique, la fraction argileuse était composée uniquement de minéraux argileux. Elle était dominée en moyenne de 87,2 % de kaolinite et 5,53 % de minéraux interstratifiés (Montmorillonite-Smectite et Illite-Vermiculite).

Bien que la kaolinite soit le minéral argileux le plus abondant de ces sols, sa proportion diminuait des sommets (35%) aux bas de versants (30,7%) pendant que les interstratifiés chlorite-smectite (Chl-Sm) et illite-vermiculite (I-V) augmentaient au niveau des bas de versants. Ainsi les teneurs en Chl-Sm sont passées de 23 à 61% et celles de I-V de 15,9 à 45,3%. La chlorite et la smectite pures n'étaient observées respectivement qu'en milieu et bas de versant (Figure 5).

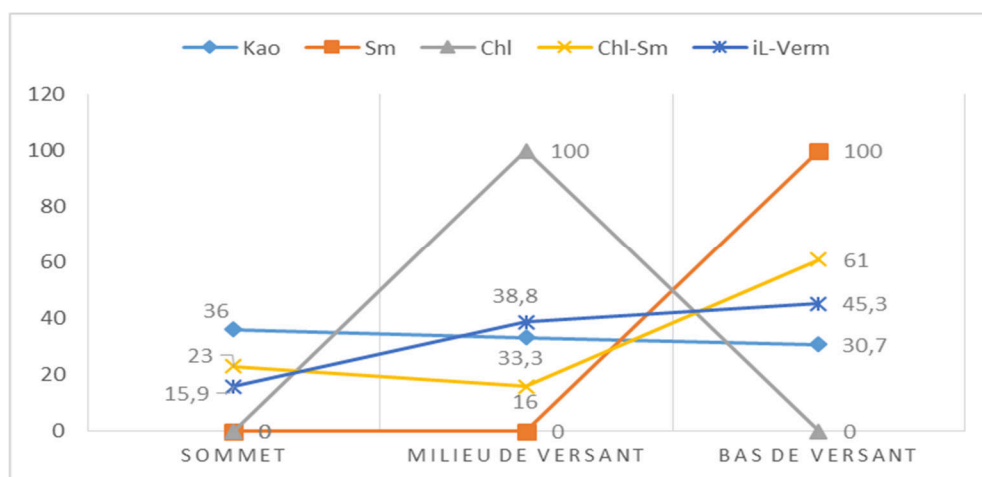


Fig. 5. Evolution des minéraux de la fraction argileuse du sommet au bas de versant

(kao=kaolinite, Sm=smectite, Chl=chlorite, Chl-Sm=chlorite-smectite, iL-Verm=illite-vermiculite)

4 DISCUSSION

4.1 OCCURRENCES MINÉRALOGIQUES

Une grande différence minéralogique est observée au niveau des différentes fractions du sol. La fraction sableuse du sol contient du quartz, de la martite et de l'hématite. Le sol total présente en plus des ces oxydes, des minéraux primaires et des minéraux argileux. Mais quant à la fraction argileuse du sol, elle ne renferme que des minéraux argileux. Cette fraction argileuse du sol ne présente pas de quartz ; ce qui traduit que le quartz observé dans le sol total ne provient que des fractions sableuse et limoneuse des sols étudiés. D'ailleurs, c'est cette forte présence du quartz dans la fraction sableuse des sols qui explique la forte proportion d'oxydes exprimée dans le sol total. Une pareille observation a pu être faite dans les régions sahariennes sur schiste dans la formation des fech-fech. En effet dans ces formations, pendant que la teneur du quartz augmentait avec celle de la taille des particules dans certains cas, dans d'autres, si le maximum du quartz se situait dans la fraction limoneuse, la fraction argileuse en était moins bien pourvue selon [14]. Cette ségrégation dans la répartition du quartz dans le sol est aussi montrée par les travaux de [15].

4.2 MINÉRAUX ET ÉVOLUTION DES SOLS

Dans la fraction argileuse des sols comme dans le sol total, la kaolinite est le minéral argileux le plus abondant avec une teneur avoisinant au moins 80 %. Mais la forte présence du quartz (>60 %) dans le sol total et la faible proportion des autres oxydes et des minéraux primaires (<15%) permettent de dire avec [16] que les sols sont constitués d'une portion minérale qui renferme, principalement, des minéraux siliceux et argileux. La présence du quartz et de la muscovite qui sont des minéraux peu altérables d'une part, et de la kaolinite et des quelques oxydes d'autre part, emmènent à dire que les sols de l'INTA d'Azaguié sont des sols dont l'évolution est très avancée. Cette idée d'un stade d'évolution avancée des sols est aussi soutenue par la présence de la martite et de l'hématite dans la fraction sableuse du sol. Puisque, la martite est une forme altérée de la limonite pendant que l'hématite est la forme ultime de l'évolution des oxydes de fer dans le sol après un moment de forte insolation [17]. La présence de la kaolinite comme minéral argileux dominant permet de dire que le processus géochimie dominant dans ces sols est la monosiallisation et qu'il s'agit d'un sol acide et pauvre en cation échangeables. Par ailleurs, la présence des interstratifiés illite-vermiculite et chlorite-smectite traduit bien l'idée du processus d'altération bisiallitique. La formation de ces derniers interstratifiés serait due à la transformation des feldspaths en perdant de la silice et des cations pour aboutir à la formation de minéraux argileux de type 2/1 comme le montrent les travaux de [18] et de [6]. La présence des interstratifiés ainsi que celle des quelques minéraux primaires (albite) identifiés témoignent d'un sol qui serait encore en pleine évolution ou encore influencé par la présence de la roche mère géologique qui continuerait de fournir ses minéraux au sol, bien que celui-ci soit déjà à un stade d'évolution assez avancé. Ce qui signifie que dans un sol, à côté du processus géochimique le plus dominant existeraient quand même d'autres processus de moindre importance. Vu la texture préférentiellement argileuse des sols selon [4] et la forte teneur des sols en argile kaolinique (>80 %), les sols de l'INTA d'Azaguié peuvent être définis comme appartenant à la classe minéralogique de type kaolinitique.

Par ailleurs, au niveau de la dynamique, les oxydes de fer, en l'occurrence la martite et l'hématite, observés dans la fraction sableuse du sol ne se trouvent qu'en positions topographiques de milieu de versant et de bas de versant. Ce dynamisme ne serait pas du fait d'une sédimentation de la fraction sableuse du sol observé aux niveaux situés plus haut mais, plutôt d'une action chimique liée aux variations saisonnières. En effet, cette présence du fer en cette position topographique découle de la migration du fer sous sa forme Fe^{II} des niveaux les plus élevés (sommet) vers les milieux les plus bas (bas de versant) en période de saison pluvieuse et de l'immobilité de sa forme Fe^{III} en périodes sèches. Cette dynamique des éléments a été aussi montrée par les travaux de [19] sur les sols brunifiés de Toumodi. Ce mouvement du fer dans le sol est donc influencé non seulement par le climat, mais aussi par la topographie [20]. D'ailleurs, l'influence de la topographie dans ce dynamisme est aussi montrée dans le sol total par l'augmentation des teneurs de tous les minéraux dans le sol du bas de versant.

Le caractère monosiallitique des sols et sa classe kaolinitique ainsi que la dynamique des différents minéraux montrent que les sols du site de l'INTA sont caractérisés par une variabilité minéralogique qui traduit leur niveau d'évolution.

5 CONCLUSION

Les sols du site de l'INTA d'Azaguié présentent une variabilité minéralogique en rapport avec la fraction de sol considérée. La fraction sableuse renferme le quartz, la martite et l'hématite. Le sol total est riche en quartz, en minéraux argileux 1/1 du type Kaolinite et antigorite, des interstratifiés et des minéraux primaires. La fraction argileuse, constituée que de minéraux argileux, est dominée par la kaolinite. La présence de ces minéraux, et leurs différentes significations dans le développement

des sols impliquent que les sols du site de l'INTA d'Azaguié sont très évolués, probablement acides et dont la mise en valeur nécessiterait beaucoup d'attentions.

REFERENCES

- [1] S. Alongo, Viser, F. Kombele, G. Colinet et J. Bogaert, " Propriétés et diagnostic de l'état agro pédologique du sol de la série Yakonde après fragmentation de la forêt à Yangambi, R.D.CONGO," Annale des instituts supérieurs d'études agronomiques, pp. 36-51, 2013.
- [2] J.P. Trichet, C. Jolivet, D. Arreauys, D. Loustau et J. Ranger, "Le maintien de la fertilité des sols forestiers landais dans le cadre de la sylviculture intensive du pin maritime" .E.G.S, 6 pp. 197-214, 1999.
- [3] L. Augusto, V. Badeau, D. Arrouays, P. Trichet, J. L. Flot, C. Jolivet et D. Merzeau," Caractérisation physico-chimique des sols à l'échelle d'une région naturelle à partir d'une complication de données – Exemple des sols forestiers landais" Etude et Gestion des sols, pp. 7-22, 2006.
- [4] K. P. Allou, Quelques traits caractéristiques des sols d'une toposéquence du Sud-Est de la Côte d'Ivoire : cas d'Azaguié. Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Ufr STRM, 59p, 2017.
- [5] K. S. Amani, Dynamique du remaniement du sol en zone de forêt : cas d'Azaguié (Sud-Est de la Côte d'Ivoire). Mémoire de Master, Université Félix Houphouët-Boigny, Ufr STRM, 63p, 2017.
- [6] K. E. Yoboué, Etudes pédogéochimiques et minéralogiques des sols brunifiés dérivés des formations du complexe volcano-sédimentaire de Anikro et Kahankro (Toumodi) dans le centre sud de la Côte D'Ivoire. Thèse de Doctorat en Sciences de la Terre, Spécialité Pédologie, Université d'Abidjan-Cocody, 228p, 2010.
- [7] E. Roose et J. Godefroy, "Pédogénèse actuelle comparée d'un sol ferrallitique remanié sur schiste sous forêt et sous bananeraie fertilisée de basse Côte d'Ivoire : Azaguié, 1968-1973" Cahier ORSTOM série pédologie. 15 (4), pp. 67-94, 1977.
- [8] K. E. Ahoussi, Y. B. Koffi, A. M. Kouassi, G. Soro, N. Soro, et J. Biemi, "Fonctionnement hydrodynamique des aquifères discontinus de la région d'Abidjan Agboville (Sud de la Côte d'Ivoire)" International Journal of Geography and Geology, 18 p, 2013.
- [9] Sodefor, Plan d'aménagement de la forêt classée de Yapo-Abbé : 1999-2023, version de septembre 1999, 141p, 1999.
- [10] C. Delor, Y. Diaby, Y. SIMEON, J.-P. TASTET, M. VIDAL, J.-C. CHIRON et A. DOMMANGET, Notice explicative de la Carte géologique de la Côte d'Ivoire à 1/200 000, Feuille Grand - Bassam. Mémoire de la direction de la Géologie, Abidjan, N°4 p 30, 1992.
- [11] A. Tamia, R. Moreau, M. Fortier, et G. Yoro," Influence du travail du sol sur l'évolution physique d'un sol forestier ferrallitique après défrichement motorisé," Étude et gestion des sols. 6 (1) pp. 27-39, 1999.
- [12] T. Medard, C. Noelia, F. Chritine, M. Nelly, Technique de préparation des minéraux argileux en vue d'une analyse par diffraction des rayons X et introduction à l'interprétation des diagrammes. Mines Paris., *Paris Tech*.n RT131010MTHI. CENTRE DE GEOSCIENCES. Écoles des mines de Paris, Fontainebleau, France. 34 p, 2013.
- [13] J. Thorez, Practical identification of clay mineral: a handbook for teachers and students in clay mineralogy. Edition G. Lelotte, Dison, Belgique, 90p, 1976.
- [14] G. Coudé-Gaussen, Les poussières sahariennes: cycle sédimentaire et place dans les environnements et paléoenvironnements désertiques. Edition John Libbey Eurotext, pp. 360-371, 1991.
- [15] D. Rousset, Etude de la fraction argileuse de séquences sédimentaires de la Meuse et du Gard. Reconstitution de l'histoire diagénétique et des caractéristiques physico-chimiques des cibles. Aspects minéralogiques, géochimiques et isotopiques. Thèse de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg, Soutenue publiquement le 10 janvier 2002, pp 96-106, 2002.
- [16] P. Nehlig, E. Egal, "Géobiodiversité : l'influence de la géologie sur la biodiversité," Géosciences, pp.1-19, 2010.
- [17] K. E. Yoboué, A. J. Bongoua-Devisme, K. P. Kouadio et A. Yao-Kouamé, "Minéralogie de la fraction argileuse des sols brunifiés de Kahankro et Anikro (Toumodi) dans le Centre Sud de la Côte d'Ivoire," Int. J. Biol. Chem. Sci. 8(3) pp. 1269-1280, 2014.
- [18] H. Ben Hassine," Nature minéralogique et rôle nutritionnel des argiles de sols céréaliers en région subhumide à semi-aride (Tunisie)," Geoscience 338, pp. 114-131, 2006.
- [19] K. E. Yoboué, K. P. Kouadio, L. O. Blé, A. Yao-Kouamé, "Caractéristiques morphopédologiques et géochimiques des sols brunifiés de Anikro et de Kahankro (Centre-Sud de la Côte d'Ivoire)," European Scientific Journal edition Vol.14, No.3 pp. 281-300, 2018.
- [20] Fox, Carrega, Morschel, Emsellem, La dégradation des sols dans le monde, 2008.
<http://unt.unice.fr/uoh/degsol/formation-sol.php> (consulté le 12/09/2018)