

**APPRÉCIATION DES EFFETS DE QUELQUES FACTEURS
PÉDOPAYSAGIQUES SUR LE CUIRASSEMENT DES SOLS SUR
SUBSTRAT SÉDIMENTAIRE À BINGERVILLE, DANS LE SUD-EST
DE LA CÔTE D'IVOIRE**

**Kouadio Emile YOBOUE^{1*}, Kouassi Josselin KOUAKOU²,
Bi Trazié Jérémie GALA¹ et Remi Jean-Bosco SAVADOGO¹**

¹*Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan Cocody, UFR-STRM,
Laboratoire des Sciences du Sol, de l'Eau et des Géomatériaux,
22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire*

²*Université Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, UFR des Sciences
Biologiques, Département Géosciences, Unité Pédagogique et de Recherche
d'agro-pédologie, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire*

(reçu le 17 Mars 2021 ; accepté le 06 Mai 2021)

* Correspondance, e-mail : emileyoboue1@gmail.com

RÉSUMÉ

Ce travail a porté sur l'influence du matériel géologique et du processus pédogénétique associé sur l'induration des sols. La méthode a consisté en la description de séquences stratigraphiques suivie de la description de profils de sols basée sur la couleur, la texture, la structure et la cohésion des agrégats, la charge en éléments grossiers, l'enracinement, la profondeur et le type de sol. Les résultats montrent qu'à Bingerville, le cuirassement des sols était marqué par des croûtes et des cuirasses qui ne s'observaient que sur Cambisols et sur Ferralsols. Les cambisols, développés sur conglomérats ou sur séquences d'argile bariolée intrudée par du grès ferrugineux, étaient plus ou moins profonds, fortement chargés en éléments grossiers et colorés bruns dans un ton jaunâtre. Ils s'observaient aux sommets, en hauts et milieux de versants des collines. Les ferralsols étaient formés sur une succession de sable argileux contenant des « stone line », du grès ferrugineux et du sable à coloration diverse. Profonds, plus ou moins chargés en éléments grossiers, caractérisés par une structure à débit particulière, ils devenaient plus rougeâtres ou jaunâtres en profondeur et ne s'observaient que dans la partie inférieure des milieux de versant des collines. Le cuirassement en milieu sédimentaire de Côte d'Ivoire est influencé par les caractères intrinsèques du type de sol, la position topographique du sol et la nature du substrat sédimentaire sur lequel le sol s'est formé. Cette étude constitue un apport à la connaissance des sols cuirassés et une base d'étude du cuirassement en milieu sédimentaire de Côte d'Ivoire.

Mots-clés : *induration des sols, formations sédimentaires, pédopaysage, cambisol, ferralsol, Bingerville.*

ABSTRACT

Assessment of the effects of some pedolandscape factors on the duricrusting of soils on sedimentary substratum in Bingerville, in the South-East of Côte d'Ivoire

This work focused on the influence of geological material and the associated pedogenetic process on soil induration. The method consisted of the description of stratigraphic sequences followed by the description of soil profiles based on colour, texture, structure and cohesion of aggregates, coarse element load, rooting, depth and soil type. The results show that at Bingerville, the soil duricrusting was marked by crusts and duricrusts that were only observed on Cambisols and Ferralsols. The cambisols, developed on conglomerates or on sequences of mottled clay intruded by ferruginous sandstone, were more or less deep, heavily loaded with coarse elements and coloured brown in a yellowish tone. They were observed on the summits, at the top and in the middle of the hillsides. The Ferralsols were formed on a succession of clayey sand containing stone line, ferruginous sandstone and sand of various colours. Deep, more or less loaded with coarse elements, characterised by a particulate flow structure, they became more reddish or yellowish at depth and were only observed in the lower part of the hillside environments. The duricrusting of sedimentary soils in Côte d'Ivoire is influenced by the intrinsic characteristics of the soil type, the topographic position of the soil and the nature of the sedimentary substratum on which the soil was formed. This study contributes to the knowledge of duricrusted soils and provides a basis for the study of duricrusting in the sedimentary environment of Côte d'Ivoire.

Keywords : *soil induration, sedimentary formations, pedolandscape, cambisol, ferralsol, Bingerville.*

I - INTRODUCTION

Le phénomène d'induration affecte des sols au cours de leurs formations. En milieu tropical où les variations saisonnières sont intenses et régulièrement réparties, le cuirassement est observable sous différents écosystèmes en l'occurrence les écosystèmes de savane et de forêt [1 - 3]. Ce cuirassement est vu comme une mobilisation suivie d'une immobilisation des sesquioxydes de fer et d'aluminium et d'oxyde de manganèse suite à une succession de périodes pluvieuses et de périodes sèches [4 - 6]. En Côte d'Ivoire, le cuirassement des sols est observé par différents auteurs [7 - 10] dans différents écosystèmes et intégrerait non seulement les facteurs climatiques, mais à la fois le processus pédogénétique, la nature du substratum géologique, la végétation et même le modelé du relief [11 - 13]. Le cuirassement était décrit comme des phénomènes

d'altération et de pédogenèse sur socle protérozoïque, affectant peu ou pas le domaine du bassin sédimentaire ivoirien. Cependant, suite à des travaux récents d'aménagement, des cuirasses sont mis en évidence dans la commune de Bingerville, à l'ouest du district d'Abidjan, montrant l'importance de ce phénomène en milieu sédimentaire. Dès lors, se pose la question des processus pédogénétiques ayant concouru à leur mise en place et les facteurs ayant favorisé leur évolution. C'est dans le souci d'apporter une réponse à cette question que cette étude a été entreprise. Elle visait à identifier les types de sols cuirassés et à apprécier l'influence de quelques facteurs du pédopaysage, en l'occurrence le substrat sédimentaire et le relief sur le cuirassement des sols.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Zone d'étude

L'étude a été réalisée dans la sous-préfecture de Bingerville, à l'est du district d'Abidjan. Les sites visités étaient :

- la cité IRIS, non loin du pôle scientifique de l'Université Félix Houphouët-Boigny et repérable aux coordonnées (x = 399457 m et y = 592319 m) ;
- le site de Santai défini par les coordonnées (x = 401069 m et y = 593144 m) ;
- le site de la plage Marie-Thérèse ayant pour coordonnées (x = 400946 m et y = 590807 m) ;
- le site de Gbrêbo repérable aux coordonnées (x = 407701 m et y = 587330 m) à la *Figure 1*.

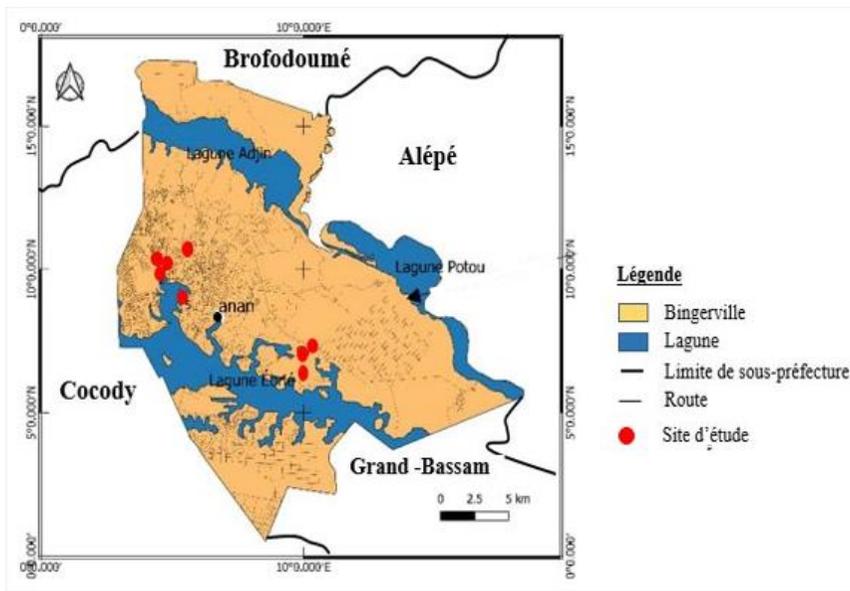


Figure 1 : Localisation de la zone d'étude

C'est une zone forestière dont le climat est caractérisé par deux saisons sèches et deux saisons pluvieuses ou humides [14]. Le relief appartient à la zone dite des "hauts plateaux" [15] et drainé par la lagune Aghien et la lagune Ebrié. La géologie est essentiellement constituée de sables argileux recouvrant un socle granito-gneissique [16] et qui sert de substrat aux grès datant du tertiaire [17]. La séquence lithostratigraphique Tertiaire-Quaternaire des formations sédimentaires de Bingerville comprend des grès ferrugineux grossiers, moyens et fins [18] (**Figure 2**). Les sols sont essentiellement des ferralsols et des gleysols auxquels s'ajoutent des pseudo-podzols [19].

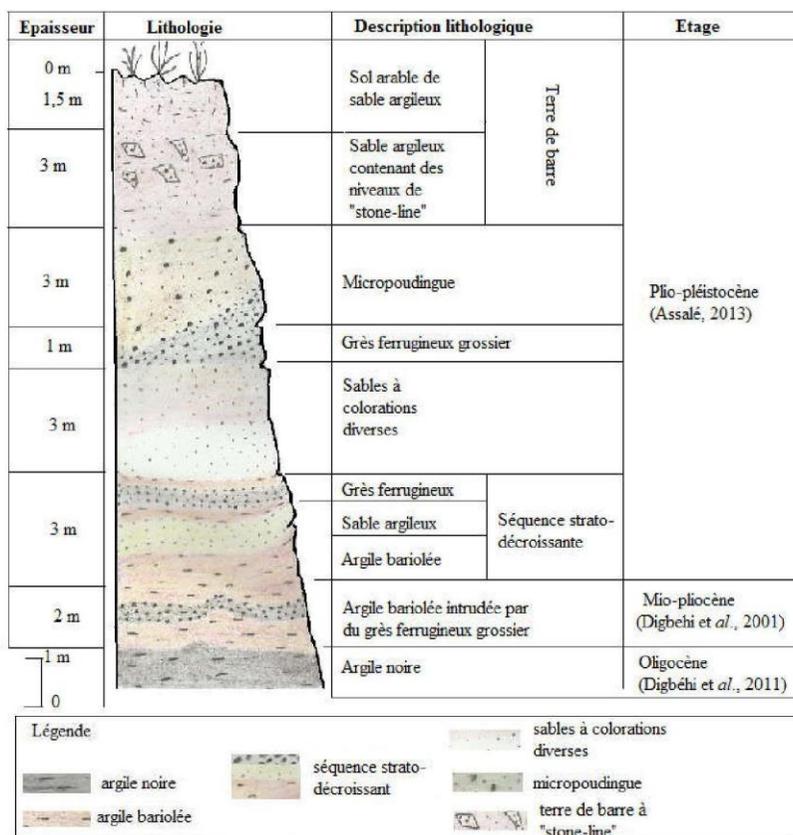


Figure 2 : Séquence lithostratigraphique Tertiaire-Quaternaire de Bingerville [18]

II-2. Caractérisation et typologie des sols

Le choix des sites d'observation a été basé sur la présence de tranchées conservant le mieux la structure du sol, l'observation de phénomènes du cuirassement et de séquences stratigraphiques. L'étude a commencé par la mesure de la profondeur des tranchées à l'aide d'un mètre-ruban, suivie de la

délimitation des horizons avec un couteau en tenant compte de la couleur, de la charge en éléments grossiers et de la structure de l'horizon. Ensuite chaque horizon a fait l'objet d'une description en détail en précisant la couleur au code Munsell, la texture, la structure et la cohésion des agrégats, la charge en éléments grossiers, l'orientation des racines et la profondeur d'enracinement, la profondeur et le type d'horizon [20, 21]. Le type de sol est donné selon la classification internationale en vigueur [22].

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Grands groupes de sols de Bingerville

Les sols identifiés dans les localités de Bingerville appartenait à quatre grands groupes de sols à savoir, les cambisols, les ferralsols, les arenosols et les gleysols (*Figures 3 à 7*). [23 - 25] ont montré dans leurs travaux que les sols observés au Sud sur du substrat sédimentaire étaient en majorité, les sols ferrallitiques (Ferralsols), les sols hydromorphes (Gleysols), les sols sableux (Arenosols) et les sols bruns tropicaux (Cambisols). Parmi ces sols, les arenosols et les gleysols décrits n'ont pas présenté de cuirassement (*Figure 3*). Les arenosols, formés sur sable quaternaire, sont généralement observés en bas de versant. Leurs profondeurs dépassaient très souvent les 120 cm, ils avaient une texture sableuse à sables grossiers, une coloration variant du gris (5YR 4/2) au brun-jaunâtre (10YR 5/4) avec la présence de quelques tubules organiques. Selon l'éloignement aux cours d'eau, ils présentaient des variantes Umbriques ou Fluviques. Quant aux gleysols, ils étaient observés dans les bas-fonds, moins profond (60 cm) avec une texture limonosableuse en surface qui devenait argilosableuse ou sabloargileuse en profondeur. La couleur était grisâtre (Gley1 3/5 Gy, Gley1 4/10 Gy, Gley 1 5/10 Gy et Gley2 5/5 Gy) avec des taches blanchâtres. Des activités anthropiques y étaient marquées par des morceaux de charbon de bois et de briques.

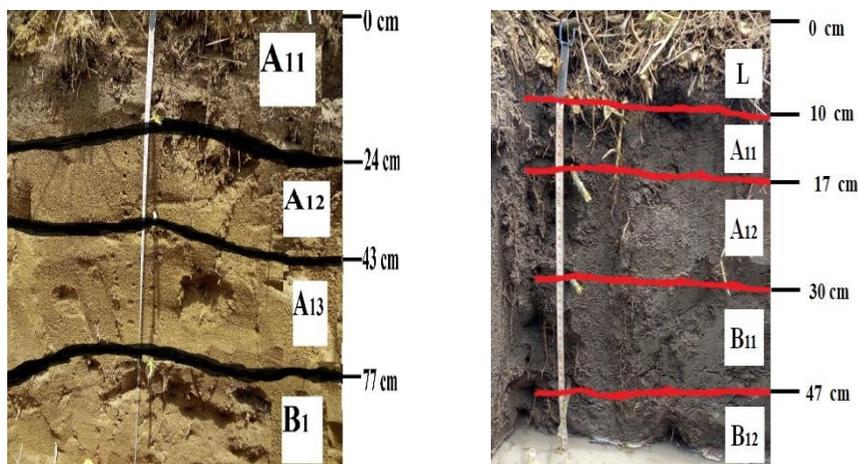
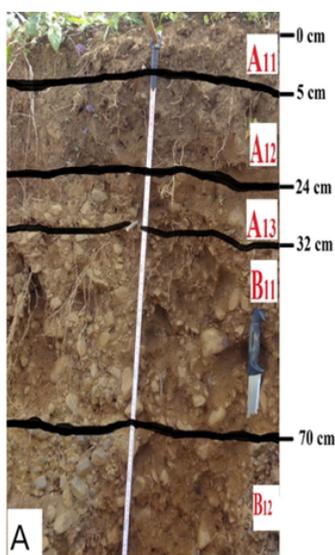


Figure 3 : Sols non cuirassés observés à Bingerville (de gauche à droite : Umbric Arenosol, Antraquic Gleysol)

III-2. Sols à cuirassement de Bingerville

A Bingerville, le cuirassement a été observé sur des cambisols et sur des ferralsols. La **Figure 4** présente un cambisol situé en milieu de versant d'une colline observée à la cité IRIS. Ce cambisol était observé sur un conglomérat à galets de grès ferrugineux, de hardgrounds et à ciment argiloferrugineux. Du point de vue structural, il était organisé de la façon suivante :



0-5 cm : Horizon humifère de type A₁₁, ayant une texture limonoargileuse (argile $\leq 20\%$), une structure grumeleuse et de couleur brun-grisâtre (2,5Y 3/2). Contient de rares éléments grossiers et d'assez nombreuses racines de tailles millimétriques subhorizontales à subverticales. Transition progressive.

5-24 cm : Horizon A₁₂, humifère avec une structure massive à débit fragmentaire, ayant une texture argilolimoneuse (environ 25% d'argile). Couleur brune (10YR 4/3), possède quelques éléments grossiers (galets de grès, quartz), poreux avec une bonne activité biologique, et à transition progressive.

24-32 cm : Horizon A₁₃ peu humifère, ayant une structure massive à débits fragmentaires, de texture argilosableuse à sable grossier (argile $\geq 25\%$). Couleur brun-jaunâtre clair (10YR 6/4), contient une charge en éléments grossiers peu abondante (quelques galets de quartz, concrétion et nodule). Possède de nombreuses racines de tailles millimétriques subhorizontales à subverticales, et à transition brusque.

32-70 cm : Horizon peu humifère dénommé B₁₁, de structure massive à débits particuliers, argilosableuse à sables grossiers (argile $\geq 25\%$). Couleur jaune-brun (10YR 5/8), peu nombreuses racines de tailles millimétriques à orientation subhorizontale à subverticale. Forte charge en éléments grossiers conduisant à un bon drainage, et à transition progressive.

70cm et plus : Horizon B₁₂, très peu humifère, massif à particulaire, de texture argilosableuse (environ 25% d'argile). Couleur jaune (2,5Y 7/6), forte charge en éléments grossiers (grès, nodules, concrétion) et contient peu ou pas de racines.

Figure 4 : Plinthic Cambisol (Xanthic) de milieu de versant observé à la cité IRIS (altitude 31 m ; coordonnées X = 399794m et Y = 592405 m)

La **Figure 5** est un cambisol formé en haut de versant d'une colline située à la cité IRIS. Ce cambisol était observé sur une séquence d'argile bariolée et d'argile bariolée intrudée par du grès ferrugineux et de hardground et s'organisait comme suit :

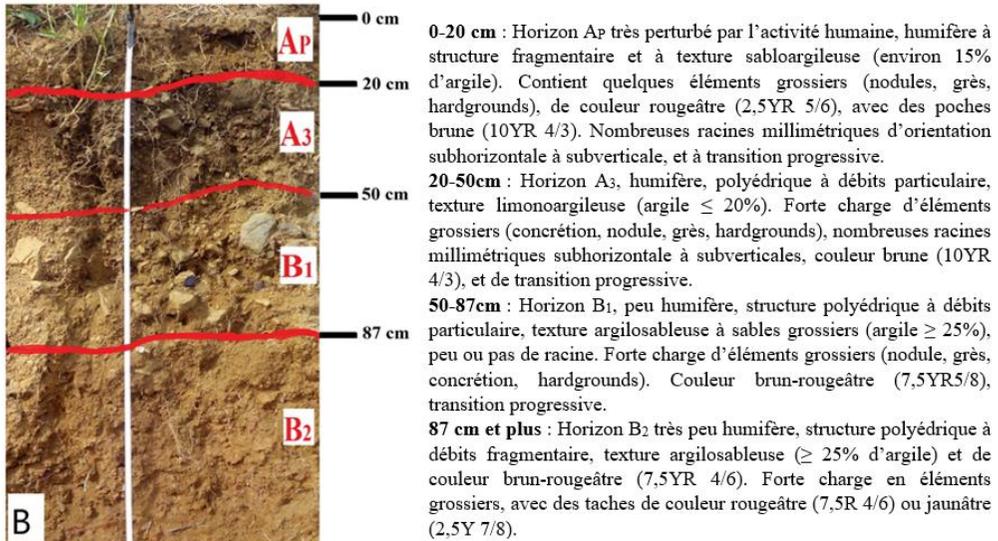


Figure 5 : *Plinthic Andorhodic Cambisol (Antraquic) de haut de versant observé à la cité IRIS (altitude 43 m; coordonnées X = 399457 m et Y = 592319 m)*

Ces cambisols présentant un caractère cuirassé se situaient en positions topographiques de sommets, de hauts de versants et de milieux de versants des collines. Ils avaient des profondeurs variées et plus ou moins chargés en éléments grossiers comme observés sur des cambisols de Toumodi [26 - 28]. Cette forte charge en éléments grossiers leur conférait le caractère plinthitique généralement évoqué et favorable au cuirassement [3]. Ce caractère plinthitique était aussi favorisé par différentes conditions environnementales au cours des processus pédogénétiques [12], ici en l'occurrence la présence du grès, des hardgrounds et du fer dans l'argile. Cependant, les cambisols de Bingerville sont plus colorés jaunâtre alors que ceux de Toumodi dans le centre et, ceux de Gogbala dans le nord [29] de la Côte d'Ivoire sont plus rougeâtre et brunâtre. Cette différence des colorations pourraient être due aux matériels géologiques. En effet, à Bingerville, les cambisols ont été observés sur formation conglomératique à galets de grès ferrugineux et de hardgrounds et à ciment argiloferrugineux ocre ou sur une séquence d'argile bariolée et d'argile bariolée intrudée par du grès ferrugineux grossier [16], tandis que, ceux de Toumodi sont sur roches magmatiques basiques riches en minéraux

ferromagnésiens [27, 28]. Ce sont ces ferromagnésiens qui, s'altérant, libéraient le fer qui était responsable de la coloration rouille, rouge ou ocre [16, 30, 31]. Les sols de Bingerville avaient une texture argilolimoneuse en surface et argilosableuse en profondeur de façon générale. La structure du débit était le plus souvent particulaire suite à l'altération du matériau gréseux sur lequel ces sols sont formés. Sur ferralsol, le cuirassement a été observé à Santai, à Marie-Thérèse et à Gbrebo. Cependant, les ferralsols à cuirassement de Bingerville peuvent être regroupés en deux types représentés par ceux de Santai et de Marie-Thérèse. A Santai, le profil décrit était une tranchée située dans la partie supérieure du bas de versant d'une colline, non loin de la clôture de l'école d'élevage de la ville. Elle était repérable aux coordonnées (X = 0401069m ; Y = 0593144 m) et était à une altitude de 56 m. Du point de vue morphopédologique, le profil observé se présentait comme montré à la **Figure 6**. Dans ce ferralsol, la texture est à dominance sableuse puisqu'elle est généralement sablolimoneuse en surface et sabloargileuse en profondeur. La structure est particulaire comme dans les cambisols observés à IRIS. Ce ferralsol reposait sur une succession stratigraphique présentant du sable argileux contenant des niveaux de stone line, du grès ferrugineux et du sable à coloration diverse [18] (**Figure 2**).

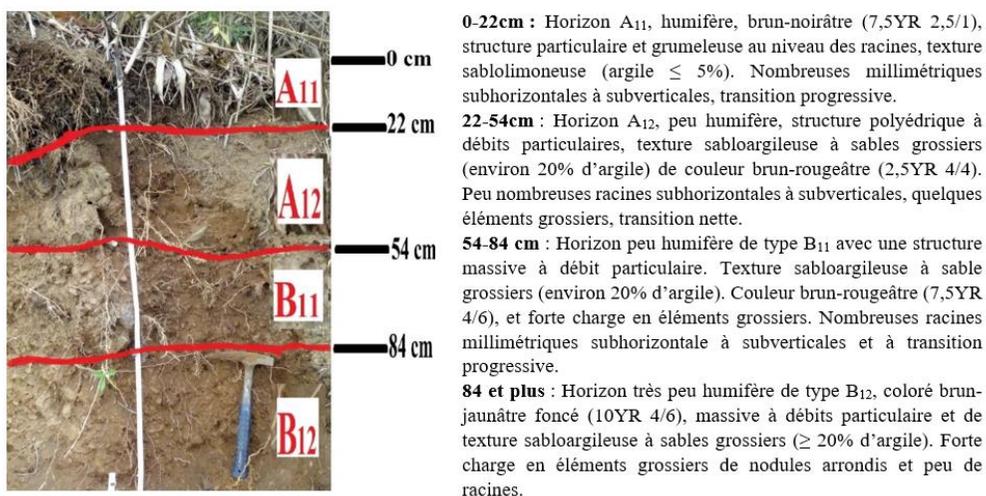


Figure 6 : *Endopisoplinthic Ferralsol (Dystric) observé à Santai*
(altitude 56 m, coordonnées X = 401069m et Y = 593144 m)

A Marie-Thérèse, il s'agissait d'un profil observé en position topographique du haut de bas de versant (c'est-à-dire dans le tiers supérieur du bas de versant) et à une altitude de 18 m. Il était repérable aux coordonnées X = 0400946 m ; Y = 0590807 m. Ce sol était un Petropolinthic Ferralsol (Anosombric) organisé de la façon suivante (**Figure 7**) :

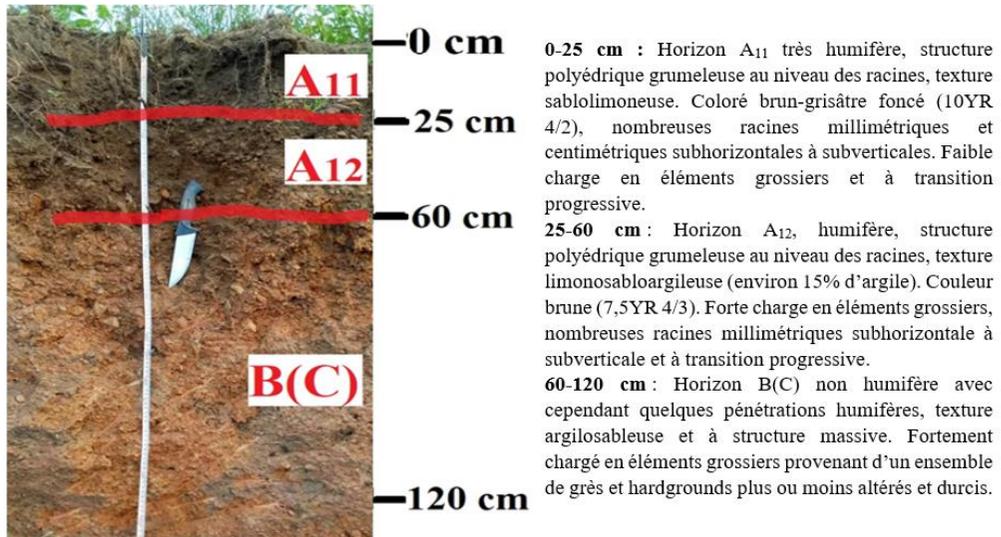


Figure 7 : *Petroplinthic Ferralsol (Anosombric) observé à Marie-Thérèse (altitude 43 m; coordonnées X = 400946m et Y = 590807 m)*

La texture de ce sol était à dominance sableuse en surface, limonosableuse dans les horizons intermédiaires et argileuse en profondeur. Sa structure était massive en profondeur suite au caractère durci. De ce fait, ce type de ferralsol était bien différent de celui observé et décrit à Santai. Il était formé sur une succession de sable argileux contenant des niveaux de stone line, du grès ferrugineux et du sable à coloration diverse. En somme, les ferralsols sujets au cuirassement dans la zone de Bingerville étaient généralement situés dans la partie supérieure des bas de versant (ou partie inférieure du milieu de versant) des collines et présentaient un caractère plinthitique. Il est donc possible d'affirmer que la position topographique (ou le relief) influence ce cuirassement des sols [12, 13]. Ils se sont formés sur une succession de sable argileux contenant des niveaux de stone line, du grès ferrugineux et du sable à coloration diverse [18]. C'était des sols généralement profonds et caractérisés par une structure en majorité massive ou fragmentaire à débit particulière. Ils y dominaient des particules sablo-argileuses dans tous les horizons. La couleur variait du brun dans les horizons supérieurs, au rouge ou au jaune dans les horizons de profondeur. Ce changement de couleur pourrait s'expliquer par la dynamique du fer, très présent dans les niveaux gréseux, comme observé en Afrique du Sud [13, 31]. Les oxydes et hydroxydes de fer responsables de la coloration vive des sols sont drainés verticalement des sols des profils du haut et du milieu de versant et entraînent une accumulation de particules fines dans les horizons sous-jacents [32]. Il s'en suit la lixiviation du fer qui réduit la coloration des horizons de surfaces alors que les horizons illuviaux en

profondeur seraient de plus en plus rouges [33, 34]. C'est cette dynamique du fer qui a aussi favorisé le caractère plinthitique [3, 12] observé majoritairement dans les ferrasols situés dans la partie inférieure du milieu de versant des collines. Ces deux grands groupes de sols cuirassés de Bingerville, bien que se formant sur des substrats sédimentaires différents, étaient plus ou moins profonds, fortement chargés en éléments grossiers ferrugineux. Ils avaient une texture à dominance argileuse ou sablo-argileuse et une coloration à variante jaunâtre ou rougeâtre induite par la présence du fer.

IV - CONCLUSION

A Bingerville, dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire, les phénomènes d'induration des sols sont marqués par des croûtes ou par des cuirasses qui ne s'observaient que sur des cambisols et sur des ferrasols. Ces sols étaient plus ou moins profonds, colorés ocre ou rougeâtre s'intensifiant avec la profondeur et fortement chargés en éléments grossiers. Le cuirassement de ces sols était fonction du processus pédogénétique dominant, de ses caractères morphologiques, de sa position dans le relief et au type de substrat sédimentaire sur lequel le sol s'était développé. Cette étude apporte quelques éléments de réponses au cuirassement en milieu sédimentaire mais, des études complémentaires impliquant la dynamique du fer, de l'aluminium et du manganèse permettraient de mieux comprendre les facteurs intervenant dans le processus de cuirassement des sols sur formations sédimentaires.

RÉFÉRENCES

- [1] - V. BOUCHOT, E. B. KABORE, Y. ITARD, N. COURTOIS, S. SOME, A. T. SY et G. RECOCHE, *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Regards / Terrain, (2011) <http://journals.openedition.org/vertigo/10435> (consulté le 12 mai 2021)
- [2] - L. ZERBO, H. B. NACRO, A. YAO-KOUAME et P. M. SEDOGO, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 10 (6) (2016) 2754 - 2767
- [3] - K. E. YOBOUE, K. P. KOUADIO, L. O. BLE et A. YAO-KOUAME, *European Scientific Journal*, January 2018 edition, Vol. 14, N° 3 (2018) 281 - 300
- [4] - N. COURTOIS, P. LACHASSAGNE, R. WYNS, R. BLANCHIN, F. D. BOUGAÏRE, S. SOME and A. TAPSOBA, *Ground Water*, Vol. 48, Issue 2 (2010) 269 - 283

- [5] - Z. P. B. BOHI, “*Caractérisation des sols latéritiques utilisés en construction routière : cas de la région de l'Agneby (Côte d'Ivoire)*”, Thèse Ecole des Ponts ParisTech, (2010) 144 p.
- [6] - R. WYNS, S. CORNU et C. PROGNON, *Géosciences*, N°18 (2014) 8 - 15
- [7] - P. KERSTING, *Les Cahiers d'Outre-Mer*, 229 (2005) 41 - 54
- [8] - J-C. OKAINGNI, K. F. KOUAME et A. MARTIN, *Revue Télédétection*, Vol. 9, N° 1 (2010) 19 - 32
- [9] - K. E. YOBOUE, C. H. KOUAKOU, O. F. AKOTTO et A. YAO-KOUAME, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 13(2) (2019) 1180 - 1192
- [10] - A. S. KOFFI, A. A. FORA et H. ELBELRHITI, *European Scientific Journal*, Vol. 12, N°29 (2016) 204 - 213
- [11] - R. MAIGNIEN, “*Mémoires du service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine*” N°16, rue blessig strasbourg, (1958) 27 - 32
- [12] - E. TEMGOUA, D. BITOM, P. BILONG, Y. LUCAS et H-R. PFEIFER, *C. R. Geoscience*, 334 (2002) 537 - 543
- [13] - P. A. L. LE ROUX and C. C. DU PREEZ, *South African Journal of Plant and Soil*, 23 (2) (2006) 120 - 125
- [14] - J.-L. GUILLAUMET et E. ADJANOHOON, “*ORSTOM*”, paris, France, (1971) 161 - 177
- [15] - A. C. AKOBE, E. M. AMANI, M. TOURE, S. MONDE, K. AKA et K. AFFIAN, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 31 (2018) 138 - 160
- [16] - A. Y. E. EBY, L. N. KOUAME, L. COULIBALY, S. P. DJROH et B. C. SOMBO, *Rev. Ivoir. Sci. Technol.*, 31 (2018) 186 - 198
- [17] - B. TAGINI, *Bulletin, SODEMI*, N° 5 (1971) 302 p.
- [18] - A. H. BOGA, T. E. WANGO, K. C. YAO, A. C. AKOBE, A. S. COULIBALY and S. MONDE, *International Journal of Development Research*, 7 (09) (2017) 14972 - 14980
- [19] - N. F. KOUAME et B. ZORRO, *Sci. Nat.*, Vol. 7, N°2 (2010) 177 - 194
- [20] - R. BOULET, A. CHAUVEL, F. X. HUMBEL et Y. LUCAS, *Cah. ORSTOM*, Sér. Pédol., Vol. 19, N°4 (1982) 309 - 321
- [21] - A. YAO-KOUAME, “*Etude des sols brunifiés dérivés des formations volcano-sédimentaire de Toumodi en moyenne Côte d'Ivoire*”, Thèse de Doctorat d'état ès Sciences naturelles, Université de Cocody/UFR STRM, (2008) 210 p.
- [22] - IUSS Working Groupe WRB, *Rapport sur les ressources en sols du monde*, N° 106. FAO, Rome, (2015) 203 p.
- [23] - B. DABIN, N. LENEUF et G. RIOU, Carte pédologique de la cote d'ivoire au 1/2.000.000. ORSTOM, publié par le secrétariat d'état à l'agriculture direction des sols, (1960) 39 p.
- [24] - J. M. AVENARD, G. GIRARD, J. SIRCOULON, P. TOUCHEBOEUF, J. C. GUILLAUMET, E. ADJANOHOON et A. PERRAUD, *Cah. ORSTOM*, N°50 (1971) 269 - 391

- [25] - E. ROOSE et M. CHERROUX, *Cah, ORSTOM, Sci. Pedol.*, Vol. 4, N°2 (1965) 51 - 92
- [26] - A. YAO-KOUAME, B. KONE et B. T. J. GALA, *Africa Geoscience Review*, Vol. 18, N°1 (2011) 23 - 32
- [27] - K. E. YOBOUE, A. J. BONGOUA, K. P. KOUADIO et A. YAO-KOUAME, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (3) (2014) 1269 - 1280
- [28] - Y. K. N. KOUAKOU, A. J. BONGOUA-DEVISME, G. F. YAO, C. J. A. KOUASSI et A. YAO-KOUAME, *Am. J. innov. res. appl. sci.*, 11 (1) (2020) 17 - 26
- [29] - O. ADECHINA, A. OUATTARA et K. R. N'GANZOUA, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, Vol. 25, N° 1 (2018) 437 - 445
- [30] - K. E. YOBOUE, A. YAO-KOUAME et K. A. ALUI, *European Journal of Scientific Research*, Vol. 40, N°1 (2010) 60 - 72
- [31] - J. H. VAN DER WAALS, *South African Journal of Plant and Soil*, 30 (1) (2013) 47 - 51
- [32] - G. J. DANSOU, L. AMADJI, L. GUILLAUME et H. AHOLOUKPE, *Journal of Applied Biosciences*, 110 (2017) 10730 - 10746
- [33] - B. KONE, ‘‘ La couleur comme indicateur de la fertilité des sols. Utilisation des données pour l'étude de la fertilité potentielle des sols ferrallitiques au-dessus de la latitude 7 de la Côte d'Ivoire’’, Thèse unique de Doctorat en Sciences de la Terre, Spécialité : Pédologie. Université de Cocody/UFR STRM, (2006) 149 p.
- [34] - B. KONE, D. SITAPHA, S. OIKEH, G. YORO, M. CAMARA, D. D. DJIDJI et A. ASSA, *Can. J. Soil Sci.*, 89 (2009) 331 p.