

LES SOLS JAUNES FERRALLITIQUES DE LA CÔTE D'IVOIRE

B. DABIN ¹

La Côte d'Ivoire est un pays de l'Afrique de l'ouest, entre le Ghana et le Libéria.

Située en bordure du Golfe de Guinée, entre 4° 30 W et 10° 30 N, sa pluviométrie varie de 1 000 à 2 000 mm de moyenne annuelle.

Toute la zone sud dont la pluviométrie dépasse 1 300 mm est couverte de forêt dense, le substratum géologique est varié mais est couverte de forêt dense, le substratum géologique est varié mais est constitué essentiellement de roches précambriennes, schistes et granites avec une étroite bande sédimentaire sableuse d'âge tertiaire dans le sud.

I. LES SOLS

Bien que les formations à caractère ferrallitique remontent assez loin au nord dans la zone de savane, les sols à évolution ferrallitique actuelle se rencontrent surtout dans la zone forestière.

La ferrallitisation en Côte d'Ivoire se manifeste surtout par une altération profonde de la roche, un lessivage plus ou moins important des bases et de la silice, une accumulation des sesquioxydes de fer et d'alumine et une intense kaolinisation.

Dans de nombreux sols, la kaolinite semble être un stade ultime dans l'évolution de la fraction colloïdale, les sesquioxydes de fer et d'alumine libérés au cours de l'altération montrent une tendance nette au concrétionnement et se concentrent dans les fractions grossières du sol, par contre la fraction fine (inférieure à 2 mm) comprend essentiellement de la kaolinite, du quartz résiduel, de la goethite, mais très peu de gibbsite (Leneuf).

Plusieurs zones de sols ont pu être délimitées, et correspondent aux variations de la pluviométrie.

¹ Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, Bondy (Seine), FRANCE.



Dans la zone la moins humide ($P < 1\ 500$ mm) les sols sont moins profonds, la fraction colloïdale peut contenir un peu d'illite, un mélange avec la kaolinite, le sol est peu lessivé en colloïdes et en bases, la teneur en matière organique et la capacité d'échange sont relativement élevées, ainsi que la teneur en oxydes concrétionnés. — Ce sont des sols dits faiblement ferrallitiques.

Au fur et à mesure que la pluviométrie augmente, les sols deviennent plus profonds, la fraction colloïdale est essentiellement de type kaolinite, avec une proportion croissante d'oxydes colloïdaux, le rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de la fraction fine a tendance à diminuer, le sol est de plus en plus en plus lessivé en argile et en bases, la richesse en matière organique totale et la capacité d'échange de base diminuent.

Suivant l'importance de ces phénomènes, il a été distingué une zone de sols fortement ferrallitiques ou ferrallitiques typiques, une zone de sols ferrallitiques très lessivés.

Ces zones correspondent à peu près aux isohyètes 1 500—1 700 mm et 1 700 à plus de 2 000 mm.

Cette distinction des zones de sols s'est faite essentiellement d'après les formations de plateaux les plus caractéristiques qui sont essentiellement des sols rouges ou ocre-rouges (gamme de Munsell (10 R, 2,5 YR ou 5 YR).

A côté de ces sols rouges ou ocre-rouges, il existe des sols de teinte plus claire ocre jaune et beige (que l'on trouve dans la gamme de Munsell 7,5 YR).

De même des sols de teinte à dominance grise qui sont les sols hydromorphes, enfin des sols dont un horizon proche de la surface entre Om25 et 1 mètre présente une couleur jaune assez nette (gamme 10 YR).

Ce sont ces sols jaunes qui ont attiré notre attention en raison de leurs caractères particuliers et de leur importance économique.

II. DÉFINITION DES SOLS JAUNES. PROFIL CARACTÉRISTIQUE

Nous donnons le nom de „sol jaune“ en Côte d'Ivoire forrestière à des sols dont la teinte varie autour de 10 YR 5/2 (gris brun) en surface sur 0—20 cm, et se situe en profondeur (de 20 à 100 cm) dans la gamme 10 YR 5/4 à 10 YR 7/8 c'est-à-dire brun jaune à jaune franc.

Au-dessous d'un mètre, on peut observer soit une argile tachetée rouge et jaune, avec un niveau gravillonnaire ou quartzeux intermédiaire, soit un matériau remanié à texture plus grossière et de teinte jaune ou gris jaunâtre.

Ainsi définis, les „sols jaunes“ se limitent essentiellement à des sols à texture fine (argilo-sableuse ou limoneuse), tous les autres sols de teinte claire mais à texture plus grossière (sableuse ou graveleuse) sont plutôt à notre avis des sols beiges ou ocre-jaunes.

Tableau 1

Sols ferrallitiques de Côte d'Ivoire — Sols jaunes

Zone	Roche mère — Schistes										
	Zone des sols très lessivés			Zone des sols ferrallitiques typiques				Zone des sols faiblement ferrallitiques			
	Comocé sud			Bandama sud				Elongouanou			
	0—20	40—60	90—100	0—20	50	90	0—15	50	0—15	50	90
Profondeur cm											
Refus 2 mm %	1,1	0,3	1,9	0,4	4,3	2,1	0,2	0,6	0,4	23,7	16,4
Argile %	29,7	34,9	48,7	15,7	33	24,8	13,3	33,6	17,7	39,4	7,5
Limon fin %	2,5	3,2	3,2	5,1	8,5	6,6	11,2	11,2	11,1	15,3	9,9
Limon grossier %				28,7	23,4	26,4	26,3	22	7,9	5,2	16,4
Sable fin %	13,6	13,3	10	32,5	23,2	28,4	25,6	17,9	29,6	9,6	27,5
Sable grossier %	50,6	46,5	34,8	11,1	9,7	12,4	17,6	13,8	35,2	25,7	47,3
Porosité %	48	52	56,5	60,4	72,7	55,4	52,7	56	52,5	58,5	57,3
pF 3 %	18	18,1	24	19,1	17,9	23,4	17,6	21,8	15,5	27	7,75
pF 4,2 %	13,9	12,4	21,5	9,55	11,8	13,8	8,7	14,7	9,5	15,3	2,56
Perméabilité cm heure	4,05	3,25	4,1	6,14	0,49	0,39	1,68	0,99	2,73	0,52	0,93
Indice de structure	820	880	550	1580	670	455	960	770	980	840	680
Indice de drainage	46	53	54	73,5	37,7	19,2	44	34,2	53	22,5	47,5
Indice d'humidité	0,21	0,25	0,16	0,24	0,55	0,6	0,41	0,39	0,26	0,6	0,34
Matière organique %	1,84	1,33		4,8	0,7		1,3	0,5	2,7	0,3	
C %	1,08	0,78		2,78	0,38		0,76	0,31	1,54	0,2	
N %	0,1	0,063		0,197	0,039		0,085	0,053	0,15	0,32	
C/N	10,8	12,4		14,1	9,7		8,9	5,8	1,1	6,3	
pH	4,4	4,57	4,7	5,8	4,7	4,2	5,5	5	7,4	7,1	6,8
P ₂ O ₅ total %	0,57	0,31		0,28	0,07		0,27	0,22	0,43	0,12	
Bases échangeables en m. eq. p.100g											
CaO	1,04	1,04	1,04	2,4	0,35	0,6	2,55	1,65	8,3	10,3	2,25
MgO	0,36	0,22	0,18	3,7	0,5	0,4	0,35	0,70	6,55	7,45	0,3
K ₂ O	0,07	0,03	0,02	0,3	0,05	0,05	0,05	tr.	0,1	0,1	tr.
Na ₂ O	0,09	0,09	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,2	0,2	tr.
S	1,56	1,38	1,33	6,45	0,90	1,05	3	2,4	15,15	18,05	2,55
T							7,25	5,45	15,5	20	2,7

V. 68

Profil caractéristique d'un sol jaune

Ce profil se trouve dans la zone des sols fortement ferrallitiques sur substratum schisteux dans une région à relief peu vallonné (Bécédi — Bakanou). Le sol lui-même a été observé dans une large étendue plane moyennement à médiocrement drainée, où prospèrent de belles cultures de bananiers, ainsi que des palmiers à huile de belle venue.

- 0— 10 cm, brun gris, humifère, limoneux à sable fin, légèrement grumeleux en surface, devenant fondu et plastique vers la profondeur, moyennement humide.
 - 10— 40 cm, passant graduellement à brun jaune, limono-argileux à sable fin, structure fondue peu compacte, assez humide et plastique, chevelu radicaire très dense.
 - 40— 80 cm, devenant progressivement jaune, argilo-limoneux, structure fondue à tendance polyédrique, plasticité moyenne, se brisant assez facilement dans les doigts.
 - 80—100 cm, jaune avec quelques bandes rouges le long des racines, structure polyédrique moyenne, cassure mate due aux colloïdes dispersés, quelques rares gravillons rouge foncé.
 - 100—120 cm, horizon rouge foncé, gravillonnaire, moyennement dense, structure nettement polyédrique, non plastique.
- Au-dessous, argile tachetée rouge et jaune caractéristique.

III. PROPRIÉTÉS DES SOLS JAUNES

1) *Morphologie et structure*

En dehors de leur couleur, les sols jaunes possèdent un ensemble de propriétés communes, même sur roches mères différentes.

Nous donnons ici la description et l'analyse de sols jaunes sur roche mère schisteuse, mais sur granite, alluvions, et même roches basiques, on retrouve des sols de propriétés voisines.

Texture et structure

Ce qui caractérise en premier lieu les sols jaunes, c'est la finesse d'ensemble de la texture, l'aspect sur le terrain est limoneux, limono-argileux, argilo-sableux fin.

L'horizon supérieur peut-être plus ou moins teinté en brun par l'humus qui est en quantité variable, et qui conditionne également la structure qui peut-être grumeleuse fine, à fondue, avec une plasticité assez nette.

L'horizon de moyenne profondeur de couleur jaune a „*toujours une texture fine et une structure nettement fondue*“, avec une forte plasticité due à l'humidité, mais une cohésion seulement moyenne.

Le chevelu radicaire peut-être très dense jusqu'à 40 cm, puis se réduit ensuite à quelques grosses racines, mais qui peuvent pénétrer profondément dans le sol (dans le cas de certaines plantes à pivot).

L'humidité qui est en moyenne forte dans les horizons de surface, diminue parfois assez nettement au dessous de 0,90 m sauf lorsqu'une nappe d'eau remonte jusqu'à ce niveau, ce qui est un phénomène généralement temporaire. Les sols les plus humides en profondeur sont les sols sur alluvions et sur roches basiques qui peuvent parfois présenter un pseudogley au niveau de remontée de la nappe.

Les sols sur granite et schistes présentent un drainage externe correct, bien que le drainage interne soit médiocre dans la partie supérieure du sol.

2) Facteurs de variation.

Influence de la topographie

Les sols jaunes se rencontrent soit en bas de pente, soit dans de vastes régions planes.

Les sols jaunes de bas de pente sont souvent associés à des sols rouges situés à une cote plus élevée ; dans ce cas l'horizon jaune repose sur une argile tachetée de type nettement ferrallitique.

Les sols jaunes de régions planes reposent sur des horizons plus ou moins remaniés, parfois limoneux, parfois sableux, avec un lit de quartz intermédiaire.

Influence du matériau originel.

Sur schistes, les sols jaunes présentent assez rarement un gley ou un pseudogley en profondeur, dans certaines régions du nord est de la zone forestière (Abengourou, Ouélé), les sols jaunes se rencontrent jusqu'à proximité des petites rivières ou marigots, car dans les schistes redressés les eaux d'infiltration pénètrent profondément, et les marigots s'assèchent rapidement après les pluies, ne permettant pas la formation de sols hydromorphes.

Sur granites, la nappe phréatique peut remonter temporairement jusque vers un mètre de profondeur, mais ne se maintient pas à ce niveau, elle redescend ensuite plus profondément, les sols jaunes sont toujours séparés du marigot par une bande plus ou moins large de sols gris hydromorphes.

Sur alluvions, les sols jaunes sont identiques à ceux décrits, dans le cas des régions planes, le soubassement est généralement limoneux, la présence d'un pseudogley est fréquente vers un mètre de profondeur. Ces sols s'observent sur les basses terrasses non inondées mais non dans le flat alluvial recouvert chaque année par les crues.

Sur roches basiques

Le drainage externe et interne des sols jaunes sur roches basiques est généralement très mauvais, on voit parfois apparaître un gley caractéristique à faible profondeur.

3) Résultats analytiques

a) Texture

Le taux d'argile est fréquemment supérieur à 30% vers Om50, la somme limon fin + limon grossier ($2\ \mu$ à $50\ \mu$) est généralement supérieure à 20% et peut même atteindre 30% dans cet horizon.

Dans les sols ferrallitiques très lessivés, le limon disparaît ce qui est un phénomène général dans cette zone, mais la teneur en argile peut-être alors plus élevée.

Le rapport sable fin/sable grossier est variable suivant les zones et suivant la profondeur. La teneur en sable fin est souvent plus élevée en surface qu'en profondeur.

b) Structure

Les analyses de structure effectuées d'après les techniques de Hénin et en appliquant les indices de Dabin, montrent une très grande instabilité structurale (Is de 3 à 5 dans les horizons jaunes), malgré une bonne rétention d'eau cette instabilité confère aux sols un indice de structure médiocre à très médiocre de 0 à 50 cm, et nettement mauvais au dessous.

Seul un horizon superficiel particulièrement riche en humus (M.O. = 4,8%) possède un bon indice de structure (I 580), la diminution du taux de matière organique provoque une chute rapide de l'indice de structure, ce qui est conforme aux observations de terrain.

c) Perméabilité

A part le sol fortement lessivé dont la perméabilité est moyenne, tous les autres sols présentent une perméabilité très faible dans les horizons jaunes. L'indice de drainage est en conséquence assez faible (≤ 35) et l'indice d'humidité élevé ($> 0,3$).

Les sols sur granite, alluvions et roches basiques, présentent des propriétés voisines dans l'horizon jaune.

d) Richesse chimique

Sur une même roche mère, la richesse chimique varie en fonction du climat. Le taux de matière organique est généralement moyen et diminue rapidement à faible profondeur comme dans tous les sols ferrallitiques; la richesse chimique varie surtout en fonction de la teneur en bases échangeables qui conditionne en particulier le pH.

Nous constatons que la somme S des bases échangeables en mille équivalents, qui est de 1,5 me dans le sol ferrallitique très lessivé passe à 15 me eq. dans le sol faiblement ferrallitique, et présente des niveaux intermédiaires dans les sols fortement ferrallitiques; le pH passe de 4,4 à 5,5 puis à 7 en fonction des différents groupes climatogéniques.

La zonalité des sols est donc assez nette en ce qui concerne le lessivage des bases.

c) Com

L'ar
SO₄H₂) d—
—
Pe
Ré
SiC
Al₂
Fe
SiC
SiCLe
Le
L'
une argi.
amorpheLa
d'une pa
au balan
nette en
la granu
vionnem
Si
minéral
mélangé
riches e
SiO₂/Al₂Le
colloïda
tien de
fer sous
D
place l'
même cD
couvre
en rég

e) Composition de la fraction fine (2 mm)

L'analyse chimique totale par attaque aux trois acides (HCl, NO₃H, SO₄H₂) donne les résultats suivants :

	Zone fortment ferrallitique	Zone des sols ferrallitiques lessivés
Perte au feu	5,31	5,12
Résidu total (quartz, silicates primaires)	61,32	59,1
SiO ₂ (silice libre et silicates secondaires)	15,04	14,9
Al ₂ O ₃	11,72	12,37
Fe ₂ O ₃	5	6,3
SiO ₂ /Al ₂ O ₃	2,17	2,05
SiO ₂ /R ₂ O ₃	1,70	1,54

Le résidu total (quartz) est assez élevé, la teneur en fer est assez faible.

Le rapport SiO₂/Al₂O₃ est voisin de 2.

L'analyse thermique différentielle de la fraction 0,002 mm indique une argile de type Halloïsite dominante, riche en gibbsite, avec des produits amorphes caractérisés par une forte perte d'eau.

IV. FORMATION DES SOLS JAUNES

La position des sols jaunes dans la chaîne de sols, entre les sols rouges d'une part et les sols gris hydromorphes d'autre part, leur niveau par rapport au balancement de la nappe phréatique (remontée maximum 1 m), la coupure nette entre les horizons supérieurs jaunes et les horizons inférieurs, enfin, la granulométrie de ces horizons jaunes, permettent de penser qu'il y a eu colluvionnement d'éléments fins et apport de solutions provenant des sols rouges.

Si l'analyse totale donne un rapport SiO₂/Al₂O₃ voisin de 2, l'analyse minéralogique indique la présence nette de gibbsite. Cette gibbsite serait mélangée à une argile de type kaolinite (halloïsite) et à des minéraux amorphes riches en silice, peut-être à de la silice colloïdale ce qui ramène le rapport SiO₂/Al₂O₃ aux environs de 2.

Le drainage médiocre permet le maintien des hydroxydes sous forme colloïdale (absence de concrétions dans les horizons jaunes), ainsi que le maintien de colloïdes riches en silice en mélange avec la gibbsite, et les oxydes de fer sous forme partiellement réduite ce qui est à l'origine de la couleur jaune.

Donc si nous n'avons pas dans ces sols une évolution ferrallitique en place l'origine des matériaux et leur nature sont étroitement liés au phénomène de ferrallitisation.

V. CLASSEMENT DES SOLS JAUNES

Dans d'autres régions équatoriales (Gabon, Guyane) les sols jaunes couvrent de vastes surfaces, ils peuvent s'observer sur pente ou collines en régions faiblement vallonnées, leur texture est également argilo-sableuse

à limoneuse, mais leur structure est davantage de type polyédrique, avec une faible cohésion.

Le caractère ferrallitique de ces sols est net, avec un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 1,6—1,7 au Gabon et voisin de 1 en Guyane. Il semble que dans ces sols, par suite de l'abaissement du niveau de la nappe phréatique, il y a eu entraînement de la silice et accumulation relative de l'alumine; il est possible qu'à l'origine leur évolution s'est réalisée dans les mêmes conditions que pour les sols jaunes de côte d'Ivoire.

La localisation des sols jaunes de côte d'Ivoire en position basse et la présence de pseudogley dans certains cas, peuvent amener à les intégrer dans la classe des sols hydromorphes, nous pensons qu'en raison de la nature particulière de leur évolution il est préférable de les maintenir dans la classe des sols à sesquioxydes (sous groupe de sol ferrallitique à hydromorphie de profondeur); du point de vue pratique, on pourrait classer comme hydromorphes vrais les sols dont la nappe est à une distance de la surface inférieure à la hauteur maximum de remontée capillaire.

BIBLIOGRAPHIE

- DABIN, B., 1962 a, *Étude pour la reconversion des cultures de caféier dans la République de Côte d'Ivoire*, ORSTOM, — B,D,P,A., tome 1 et 2.
 DABIN, B., 1962 b, *Relations entre les propriétés physiques et la fertilité dans les sols tropicaux*, Annales Agronomiques, 13(2), 111-140.
 LENEUF, N., 1959, *L'altération des granites calcoalcalines et des grandiorites en Côte d'Ivoire forestière et les sols qui en sont dérivés*, Thèse.
 LENEUF, N., RIOU, 1962, *Sols rouges et sols jaunes de Côte d'Ivoire*, Conférence interafricaine des sols.

RÉSUMÉ

En Côte d'Ivoire forestière les sols jaunes se limitent essentiellement à des sols à „texture fine” argilo-sableuse ou limoneuse. Ils couvrent d'importantes superficies et présentent un intérêt économique considérable. En dehors de leur couleur et de leur texture une caractéristique essentielle est leur „structure” grumeleuse fine dans l'horizon de surface, le sol est meuble et à consistance légèrement plastique; à structure plus „fondue” et consistance nettement plastique lorsque le taux de matière organique est plus faible (<2%).

Ces sols „jaunes” se rencontrent surtout dans la zone forestière entre 1 300 et 1 800 mm de pluviométrie annuelle. Le caractère ferrallitique de ces sols est net. L'horizon humifère est peu épais, la matière organique est bien décomposée et en quantité peu élevée, la saturation en bases du complexe est variable et dépend du climat et de la roche mère.

SUMMARY

In the forest zone of the Ivory Coast yellow soils are essentially limited to soils with sandy clay or loamy „fine texture”. They cover important areas and are of considerable economic interest. Besides their colour and texture, an essential characteristic is their „structure”: in the surface horizon the structure is crumbly, fine, the soil is loose but with a slightly plastic consistence; when the organic matter content is low (< 2%), the structure is „dissolved” and the consistence is obviously plastic. These „yellow” soils are found particularly in the forest zone with an annual average rainfall between 1 300 and 1 800 mm. Their ferrallitic character is

obvious. The humic horizon is shallow, the organic matter is highly decomposed, its amount being low, the base saturation of the complex is variable and depends on the climate and the parent rock.

Nevertheless the main features of these soils still pertain to the ferrallitic evolution and since their classification may arise discussion, we suggest that they should be included into a subgroup of the hydromorphic ferrallitic soils.

ZUSAMMENFASSUNG

In der bewaldeten Elfenbeinküste beschränken sich die gelben Böden wesentlich auf solche mit tonig-sandiger oder lehmiger „feiner Textur“. Sie nehmen große Flächen ein und haben eine beträchtliche wirtschaftliche Bedeutung. Außer ihrer Farbe und Textur, bildet ihre „Struktur“ ein ihnen wesentliches Merkmal. Der Oberflächenhorizont weist eine feine Krümelstruktur auf, der Boden ist locker, jedoch von leicht plastischer Konsistenz; ist der Anteil an organischem Stoff gering (< 2%), so wird die Struktur „geschmolzen“ und das Gefüge ausgesprochen plastisch.

Diese „gelben“ Böden kommen besonders in der Waldzone zwischen 1 300 und 1 800 mm Jahresniederschlägen vor. Der ferrallitische Charakter dieser Böden ist ausgesprochen. Der humushaltige Horizont ist wenig mächtig, der organische Stoff ist stark zersetzt und nur in geringer Menge, die Basensättigung des Komplexes schwankt und hängt vom Klima und dem Muttergestein ab.

DISCUSSION

A. P. A. VINK. (Pays-Bas) Est-ce que l'hydromorphie des sols que vous décrivez n'est pas une chose secondaire? Quelle est la teneur en minéraux altérables et le rapport limon/argile? Ces sols semblent comparables aux sols ferrallitiques jaunâtres que j'ai vus au Centre du Caméroun avec M. Dominique Martin et qui se trouvent dans deux positions: 1) en bas des pentes, 2) sur surfaces rajeunies.

B. DABIN. Il n'y a pas de teneur en minéraux altérables. Le rapport limon/argile est quand même assez élevé. Ce que je crois, c'est que dans les sols comme au Caméroun il a pu y avoir une surélévation du terrain, ou peut-être un creusement des marigots, (?), ce qui fait que le sol jaune se trouve à une cote plus élevée que celle que nous avons en Côte d'Ivoire. Il est possible qu'en Côte d'Ivoire il y ait des sols jaunes à l'état jeune alors que peut-être au Caméroun ou dans d'autres régions nous ayons des sols jaunes qui sont déjà plus vieux et où le lessivage de la silice a été plus intensif. Il y a peut-être une évolution ultérieure.

8th INTERNATIONAL CONGRESS OF SOIL SCIENCE
VIII^e CONGRÈS INTERNATIONAL DE LA SCIENCE DU SOL
VIII. INTERNATIONALER BODENKUNDLICHER KONGRESS

BUCHAREST — ROMANIA, 1964

TRANSACTIONS
COMPTES RENDUS
BERICHTE

VOLUME V

COMMISSION V (SOIL GENESIS,
CLASSIFICATION AND CARTOGRAPHY)
SPECIAL SESSION ON FOREST SOILS



PUBLISHING HOUSE OF THE ACADEMY
OF THE SOCIALIST REPUBLIC OF ROMANIA

7986 ep2