OBSERVATIONS SUR QUELQUES CARACTÈRES DES SOLS DE CACAOYÈRES EN CÔTE D'IVOIRE

par

G. AUBERT

Office de la Recherche scientifique et technique outre mer

H. MOULINIER

Office de la Recherche scientifique et technique outre mer

Au cours des années 1947 à 1949, diverses prospections pédologiques ont été entreprises en Côte d'Ivoire, à la demande de l'Inspection Générale de l'Agriculture en A.O. F. et de la Direction du Service de l'Agriculture en Côte d'Ivoire, en vue d'étudier les sols des cacaoyères de ce pays. De très nombreux profils de sols ont été étudiés sur place dans des cacaoyères en divers états de vigueur. Certaines plantations étaient attaquées par le swollen-shoot; d'autres étaient parfaitement indemnes; d'autres, attaquées, paraissaient résister à l'envahissement de la maladie ou de ses effets.

Parmi les échantillons prélevés, près d'un millier, correspondant à environ quatre vingt dix pros fils ont été, au moins partiellement, analysés. Les moyens, dont disposaient alors le Centre de Rechercheé Agronomiques de Bingerville et l'Institut d'Enseignement et de Recherches Tropicales d'Adiopodoumprès d'Abidjan, tant en matériel qu'en personnel, n'ont pas permis de pousser plus avant les déterminations analytiques. Des observations de terrain et des résultats analytiques, nous avons cherché à dégager quelques conclusions sur les exigences édaphiques du cacaoyer en Côte d'Ivoire.

Il ne peut s'agir là que d'un dégrossissage du problème, du fait même de la méthode de travail utilisée et de l'imprécision de certains renseignements, tels que ceux concernant les rendements des arbres. Son étude doit être reprise en station expérimentale et dans les plantations, patiemment suivies quant à leur développement et à leur rendement pendant plusieurs années. L'un de nous (H. M.) s'y consacre.

Cependant les renseignements déjà obtenus viennent compléter et, dans certains cas, préciser les conclusions auxquelles sont arrivés d'autres chercheurs pédologues et agronomes, tels que le Chanoine BAEYENS, G. BROUHNS, J. CROEGAERT, J. LIVENS, C. F. CHARTER, dans les pays voisins ou très proches du Congo Belge (1) et de Gold Coast (2), et tels que F. HARDY (3) dans les zones plus éloignées, et qui avaient été, précédemment, au moins partiellement indiquées par Y. HENRY (4).

Outre les deux signataires de ces lignes, plusieurs pédologues ont participé à ces prospections et à ces études, en particulier: J.M. BRUGIÈRE et A. LAPLANTE, mais aussi P. SEGALEN et M. SCHMID. Nous avons été très aidés, lors de toutes ces tournées, par les Ingénieurs de l'Agriculture et les Conducteurs de Travaux agricoles des régions étudiées. Ils ont grandement facilité notre tâche et nous leur gardons une profonde reconnaissance. Notre gratitude doit aussi s'exprimer vis-à-vis des administrateurs, commandants de Cercles et de Subdivisions, qui nous ont accuellis avec beaucoup d'hospitalité et nous ont très souvent communiqué des renseignements fort utiles.

DONNÉES GÉNÉRALES SUR LA ZONE CACAOYÈRE DE COTE D'IVOIRE

La Basse Côte d'Ivoire, région forestière, convient parfaitement, du point de vue écologique, à la culture du cacaoyer. Les Cercles de Dimbokro et Abengourou, puis Bassam et Bondoukou, enfin Abidjan, Agboville, Gagnoa et Grand Lahou sont les principaux producteurs, Bouaké, Daloa et Sassandra produisent beaucoup moins.

PRODUCTION DE CACAO DANS LES DIFFÉRENTS CERCLES DE CÔTE D'IVOIRE EN 1948

Dimbokro	$\begin{array}{cccc} 6.302 & \\ 4.500 & \end{array}$	Grand Lahou	$\begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$
Bassam	3.265 —	Gagnoa	1.890 —

Au total: 34.960 tonnes

CONDITIONS CLIMATIQUES (5)

Le cacaoyer est par excellence une plante de climat chaud et humide. Ses exigences climatiques sont assez strictes : température moyenne annuelle 22 à 25°; humidité atmosphérique élevée et saison sèche pas trop accentuée ; chute d'eau annuelle 1.500 mm au minimum. Telles sont les conditions climatiques généralement admises comme nécessaires. La Basse Côte d'Ivoire y correspond d'assez près. Le climat y est de type équatorial ; les saison sèches y sont non pluvieuses mais restent humides ; la température moyenne annuelle est, suivant les points, de 24° à 30°, surtout autour de 27-28°.

Seule la pluviométrie annuelle parait un peu faible pour subvenir aux besoins en eau des cacaoyers. La partie centrale de la Basse Côte et toute une partie de sa zone Est ne reçoivent que de 1.250 à 1.500 mm. C'est ainsi qu'à Abengourou, centre d'une des principales zones de culture du cacaoyer, cette moyenne annuelle n'est que de 1.400 mm, répartis en un peu plus de 100 jours.

Il apparaît ainsi qu'en Côte d'Ivoire une pluviométrie de 1.250 à 1.300 mm peut suffire à alimenter le cacaoyer en eau. Cela implique cependant des exigences édaphiques plus strictes comme nous l'indiquerons plus loin. Notons enfin qu'il a été récemment indiqué qu'en Equateur « les isohyètes 1.000 et 2.000 mm limitent l'aire de culture du cacaoyer » (6).

CONDITIONS TOPOGRAPHIQUES ET DES ROCHES-MÈRES (7)

En arrière de la lagune bordée par le cordon littoral sableux, ou de la côte, s'étend, sur la plus grande partie de la Côte d'Ivoire, le plateau des sables tertiaires. Très rétréci à Sassandra, il s'élargit sur environ 25 km à la hauteur d'Abidjan. Il est, par places, profondément creusé, sous la forêt, par des vallées ou vallons aux flancs très abrupts. Lui succède, plus au Nord, dans toute la moitié Est, la région fortement vallonnée occupée par les schistes argileux ou limoneux, ferrugineux et plus ou moins métamorphisés, que les bandes de « roches vertes » du Birrimien supérieur viennent traverser. Dans l'Ouest, les roches granitogneissiques donnent un relief un peu plus doux quoique encore assez vallonné. Quelques collines abruptes, soit dans la zone médiane, comme les « Boca » du Sud Est de Toumodi, soit plus à l'Ouest comme dans la région de Lakota ou de Oumé, formées de roches plus basiques et souvent couronnées d'une cuirasse latéritique assez résistante à l'érosion, sont les éléments marquants de cette succession de vallonnements peu accusés mais suffisants pour que la région soit, dans son ensemble, bien drainée.

De ces différentes roches proviennent les sols de la Basse Côte d'Ivoire, qu'ils soient parfaitement en place, qu'ils aient au contraire été totalement remaniés par quelque phénomène de transport ou que, formés aux dépens de la roche sur laquelle ils se trouvent, ils présentent un horizon supérieur remanié, sur un mètre ou plus, par des glissements en masse, ou par le lessivage oblique qui les rend beaucoup plus sableux ou graveleux.

Sur les unes comme les autres ont été installées des cacaoyères, mais elles ne trouvent pas sur toutes les mêmes éléments de fertilité.

Les sables quartzeux et un peu ferrugineux, sont, en général, perméables, et la circulation de l'eau y est facile. Màis ils sont pauvres en éléments fertilisants assimilables, potasse en particulier, et leur réserve minérale est faible. Les sols formés sur ces sédiments, Sols Ferrugineux Tropicaux profondément lessivés, sont superficiellement appauvris en hydrates de fer et parfois en argile qui peut, en ce cas, venir s'accumuler vers 1,50 m à 2 m de profondeur. Certains niveaux sont très argileux et ferrugineux : 50 % d'argile près de Bingerville ; d'autres sont graveleux : graviers ferrugineux ou quartzeux ; d'autres enfin sont constitués par un type de grès ferrugineux qui paraît n'être qu'une cuirasse de nappe suspendue dans les sables.

Ces divers faciès, autres que sableux, ne présentent qu'une extension très localisée.

Les schistes, assez variables dans leur composition, se rapportent, soit à des micaschistes autour de massifs de granit intrusif (Adzopé), soit à des schistes moins métamorphiques: schistes arkosiques, limoneux ou argileux, le plus souvent très ferrugineux et traversés de filons de quartz. Les minéraux, que l'on y distingue, variables suivant les points, sont le plus souvent: séricite, chlorite, biotite et muscovite, quartz, feldspaths. Les sols auxquels ils donnent naissance, Sols Rouges ou Jaunes Latéritiques, sont argileux, souvent très compacts. L'argile qu'ils contiennent est surtout formée de kaolinite. Ils retiennent bien l'eau mais sont peu perméables. Ils sont moins pauvres en éléments fertilisants que les sols sur les sables, encore que, d'après G. Glaisse, leur teneur totale en CaO est de l'ordre de 4 à 7 ‰, celle en MgO est, généralement, plus faible, souvent de moins de 1 ‰, de même

que celle en P_2O_5 . Très riches en fer, ils donnent souvent lieu à des phénomènes de durcissement, concrétionnement ou cuirassement, qui peuvent devenir nuisibles à des arbres à enracinement très profond comme le cacaoyer.

Des affleurements de roches vertes, schistes métamorphiques, riches en pyroxène, en amphibole, appartenant au Birrimien supérieur, donnent des sols argileux ou finement sablo-argileux suivant les cas, mais chimiquement riches. Partout, où ils sont assez profonds, ce sont d'excellents sols à cacaoyers, Sols Rouges Latéritiques, parfois appelés Sols «Chocolat» parce que plus foncés que les Sols Rouges typiques. Les éléments en provenant, repris par l'érosion et redéposés, donnent de très bons sols à bananiers. Les nappes phréatiques qui s'y forment sont parfois excessivement riches en magnésie (Vallée du Bandama, au nord de Tiassalé).

Les granito-gneiss ont des caractères très divers. Mais ils peuvent, dans l'ensemble, être rattachés à deux types principaux. Les uns sont très riches en éléments ferro-magnésiens et pauvres en quartz. Les sols qui en proviennent se rapprochent très nettement de ceux formés sur les schistes, aussi bien par beaucoup de leurs caractères propres que par leur influence sur la végétation. Les autres sont très riches en quartz, pauvres en éléments ferro-magnésiens, mais, au contraire, riches en éléments alcalins. Les sols auxquels ils ont donné naissance sont assez sableux, perméables à l'eau et aux racines, au moins dans leurs horizons supérieurs, se durcissant moins, mais ils ont tendance à se lessiver et à s'appauvrir ainsi en éléments fertilisants.

D'autres roches, telles que **dolérites** et **diabases**, donnent des sols fertiles tant par leur structure que par leur richesse chimique. Ce sont des Sols Rouges Latéritiques souvent du type des Sols « Chocolat ». Ils sont parfois cuirassés. Ils n'occupent que des superficies très réduites.

L'influence des caractères propres de chacune de ces roches reste très marquée, aussi bien sur les sols que sur les cultures, en particulier de cacaoyers. Cependant, elle est souvent masquée ou même très diminuée non seulement par celle d'autres facteurs actuels de pédogénèse, tels que le climat ou la végétation; mais aussi par celle des phénomènes passés: climat ancien beaucoup plus sec, qui a donné naissance à des sols très concrétionnés ou cuirassés, et dont les restes s'observent en tant de points dans les sols actuels sous forme de cuirasses fossiles ou de gravillons abondants; colluvionnement sur les pentes et remaniement à la surface des plateaux, qui font que, dans presque la plupart des cas, les horizons superficiels du sol ne dérivent pas directement des éléments de la roche sous-jacente.

CARACTÈRE DES SOLS CONVENANTS AU CACAOYER EN BASSE COTE D'IVOIRE

Position topographique

La position topographique, tout en restant un caractère extérieur au profil du sol, n'en est pas moins un des éléments de la définition totale de celui-ci. La cacaoyère en bon état constituant un milieu aussi protégé que possible contre l'érosion, ce n'est que l'influence de la position topographique sur le profil hydrique du sol et son alimentation en eau qui jouera dans ce cas.

Aussi la position topographique la mieux adaptée dépend-elle beaucoup des conditions climatiques du lieu.

A la limite de la zone de culture possible, là où la pluviométrie est à peine suffisante (1.200 à 1.350 mm) et la saison sèche un peu trop prolongée, les beaux cacaoyers ne se trouvent que dans les bas-fonds, là où le ruissellement provoque un accroissement de l'approvisionnement en eau du sol et des plantes. C'est en même temps là que, dans la galerie forestière, cette culture peut avoir l'ombrage nécessaire et une protection suffisante contre la sécheresse de l'air. Sur les pentes voisines, les cacaoyers peuvent se développer assez vigoureusement pendant un certain temps ; il suffira d'une année particulièrement sèche pour qu'ils meurent alors que ceux du bas-fonds résisteront.

Un exemple net de cette influence a été observé à une vingtaine de kilomètres de Bongouanou. En 1947, nous avions visité une jeune cacaoyère, de huit ans, établie dans une petite vallée et sur les pentes des collines voisines. Le sol portant ces arbres est le type du bon sol à cacaoyers pour la région ; en particulier il est dépourvu presque complètement de gravillons, seuls, les sommets des collines et les parties tout à fait supérieures des pentes sont cuirassées ou gravillonnaires. L'ensemble de la plantation était alors en très bon état, sauf les arbres plantés le plus haut qui avaient légèrement souffert des sécheresses récentes. En 1950, seuls les cacaoyers situés exactement dans la vallée avaient subsisté. Les arbres plantés sur les pentes étaient tous morts.

Du reste, dans toute cette région la répartition des cacaoyères traduit le même fait : la plupart des plantations sont situées dans les vallées et les parties basses, et ce sont les seules qui, en règle générale, y sont en bon état de développement.

Toutefois, si le cacaoyer nécessite une quantité importante d'eau, il craint les terres inondées ou dont la nappe phréatique est trop proche de la surface. Aussi, dans les zones à climat humide, la position la meilleure sera-t-elle, à l'inverse, sur une pente faible assurant un meilleur drainage. Dans les régions très humides, à brouillards fréquents, une pente, même forte, peut convenir et porter de très belles cacaoyères, comme sur les flancs de l'Orombo-Bocca si souvent entouré de brumes et de nuages.

En général, cependant, la position en forte pente n'est pas très favorable.

Profondeur et texture du sol

Le système radiculaire du cacaoyer comprend un ensemble très développé, très touffu, de racines superficielles, traçantes, plus ou moins fines, et un pivot généralement simple, très puissant, qui peut s'enfoncer jusqu'à au moins 2 à 3 mètres. Bien des auteurs, surtout autrefois (4), avaient tendance à n'attribuer à ce dernier qu'un rôle purement mécanique de fixation de l'arbre. Il est certain qu'il intervient également dans son alimentation. Puise-t-il en profondeur uniquement l'eau (G. Brouhns); ou bien, au contraire, pivot et racines superficielles interviennent-ils dans l'approvisionnement de l'arbre en éléments minéraux comme en eau, nous ne pouvons en juger. Cela doit dépendre essentiellement de la richesse en eau et en éléments assimilables des différents horizons du sol.

Il n'en reste pas moins que le pivot du cacaoyer a une importance primordiale et que le sol doit permettre son développement aussi bien que celui des racines superficielles.

Un pivot gêné dans sa croissance par la présence des cailloux, ou par l'imperméabilité du sol ou par de mauvaises conditions des horizons profonds, réagit en se bifurquant ou trifurquant, ou bien en transformant son extrémité, généralement pointue et très fine, en une masse large et arrondie.

Dans les cas de mauvais état d'une cacaoyère, l'observation du développement du système radiculaire des plantes les plus malades fournit souvent des renseignements de toute première valeur sur la cause de cette déficience.

Cailloux et graviers. Les racines du cacaoyer, superficielles comme pivotantes, supportent mal la présence de cailloux ou graviers en grande quantité, sauf, semble-t-il, s'il s'agit d'éléments facilement altérables (cailloux de diabase, de dolérite, d'amphobilite) et fournissant ainsi les éléments les plus nécessaires à la plante.

Les cailloux de quartz, quartzite et grès dur, ceux de cuirasse ferrugineuse ou latéritique sont à éviter. Même les concrétions et gravillons de ce type sont néfastes s'ils se trouvent en grande quantité dans l'horizon.

L'excès de ces cailloux et graviers est particulièrement à craindre dans les niveaux supérieurs sur 50 à 60 cm. Plus profondément, il suffira qu'ils ne soient qu'en quantité assez faible pour ne pas géner le développement de la racine pivotante. Une trop forte teneur en ces éléments grossiers paraît être l'une des causes les plus fréquentes de sa division en plusieurs éléments, le plus souvent médiocrement développés. Un horizon uniquement composé de graviers quartzeux, même à plus de un mètre de profondeur, l'arrête, comme nous avons pu l'observer près d'Abengourou.

Il est bien évident que ce n'est qu'au fur et à mesure du développement des arbres que la gêne présentée par des horizons caillouteux ou graveleux devient sensible; mais qu'elle l'est d'autant plus que les horizons, qui se trouvent au-dessus, sont moins favorables au cacaoyer, horizons très sableux par exemple. Elle est aussi d'autant plus forte que les conditions climatiques sont aussi moins favorables, climat relativement trop sec par exemple.

Ainsi, dans la région de Yamoussoukro, au Nord-Ouest d'Abidjan, à la limite des zones de savane et de forêt, une plantation d'environ quinze ans présente, côte à côte, des zones où les cacaoyers sont encore en assez bon état, mais dont le rendement décroît depuis quelques années, et d'autres où les arbres sont morts ou en très mauvais état, le rendement en ayant été normal les premières années. puis ayant baissé lorsqu'ils avaient environ neuf ans.

Dans les premières zones le sol présente le profil suivant (C 98) : Sous un lit de feuilles en décomposition :

0 à 25 cm; horizon gris assez humifère, plus clair à sa base, sablo-limoneux, un peu graveleux (gravillons ferrugineux) en dessous de 15 cm, friable, poreux, enracinement important.

25 à 100 cm; horizon brun, limono-argileux, riche en gravillons ferrugineux et quelques grains de quartz. L'enracinement est encore assez important quoique nettement plus faible qu'audessus.

100 à 160 cm; horizon beige à rouille, avec nombreuses taches rouges diffuses, et beaucoup de grains de quartz; horizon argileux, très compact; correspond à l'argile tacheté du profil latéritique typique; racines fines, visibles jusqu'à 140-160, mais peu nombreuses.

En dessous de 160 cm et jusqu'à au moins 2 m., masse analogue, mais plus claire, avec des taches rouges moins nombreuses, très compactes et passant progressivement au matériau originel de granit décomposé.

Par contre, dans une tache de cacaoyers morts, le profil du sol, assez semblable au précédent dans les horizons supérieurs comporte un horizon d'argile tachetée, très réduit, entre 70 et 90 cm; et le granit très altéré, mais formant une masse compacte, difficilement pénétrable aux racines, commence à 90 cm de profondeur. Les racines pivotantes observées sont nettement arrêtées entre 90 et 95 cm suivant les cas.

Ainsi en cette région, où la pluviométrie est un peu faible et la sécheresse trop prolongée pour un développement facile du cacaoyer, une profondeur du sol franc de 90 cm n'a été suffisante que pendant les neuf premières années, et a provoqué, dans les années suivantes, une baisse de rendement, puis la mort des arbres à la suite d'une sécheresse un peu trop accentuée. Une épaisseur de sol franc, mais graveleux sur 1,60 m, puis très compact, quoique encore pénétrable au-dessous, tout en laissant aux arbres la possibilité de se développer jusqu'à au moins quinze ans, ne leur a pas permis de maintenir leur rendement.

En région plus forestière, au climat plus favorable aux cacaoyers, comme à Abengourou, des sols, dont la compacité et la richesse en graviers se rapprochent de celles du profil C 98, portent d'assez belles cacaoyères dont le rendement se maintient.

Ainsi à 4 km au Nord d'Abengourou, sous une assez belle cacaoyère le profil est le suivant (C. 48). En surface un lit de feuilles en décomposition,

0 à 100 cm; horizon brun dans son ensemble, plus gris sur les 10 à 15 prémiers centimètres, plus rouge dans toute sa moitié inférieure; gravelo-limoneux, surtout en dessous de 50 cm, à très nombreux graviers de quartz et gravillons ferrugineux, durs, et arrondis, friables et poreux.

100 à 145 cm; horizon brun rougeâtre, graveleux, mais de terre fine argilo-sableuse; graviers ferrugineux assez durcis, de 3 à 4 centimètres de diamètre, et gravillons petits et durs; quelques lits de quartz.

145 à 175 cm ; horizon brun à traînées ocres ou rouge violacé, à nombreux cailloux de quartz ; argilo-graveleux, compact.

En dessous, horizon analogue mais durci, difficilement pénétrable aux racines.

Les résultats de l'analyse granulométrique des différents horizons sont donnés ci-dessous (en % de l'échantillon total ou de la terre fine):

Nº échantillon	Profondeur en cm	Terre fine	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile
481	0- 10	78	21	29	30	20
482	10- 40	61	21	14	20	45,
483	40- 80	38	20	16	22	42
484	80-120	14	32	6	32	31
485	120-175	56	35	22	32	11

Même dans cette région, cependant, les plus belles cacaoyères s'observent sur des Sols Latéritiques, de ce type ou de type voisin, mais moins graveleux, et moins compacts en profondeur, au moins jusqu'à 1,50 m ou 2 m; ou sur Sols Alluviaux, même à tendance hydromorphe faible, et francs sur au moins 1,50 m à 1,80 m. Ainsi en est-il à Yakasso, au Nord de Abengourou, où le sol (C 72),

observé dans une zone alluviale près d'un petit ruisseau, est limoneux à limono-argileux, avec seulement quelques cailloux de quartz ou ferrugineux, contenant à partir de 1 m des concrétions ferrugineuses, mais de petite taille et pas très nombreuses. A 1,80 m seulement le profil devient très caillouteux.

Par contre, même dans cette région, une profondeur de sol de moins de 1 m ne peut suffire pour assurer un développement abondant des arbres.

Ainsi à 10 km, au Nord d'Abengourou, près de la route de Agnibilecrou, sous des cacaoyères dépérissantes, le sol comporte des horizons très graveleux, assez friables sur 35 cm, puis plus massifs au-dessus d'une cuirasse ferrugineuse, dure, à 85 cm de profondeur (C 46).

De même, un peu plus au Nord, près de Sankodiokro, sur une pente, le sol d'une cacaoyère, aux arbres bien développés les premières années, et en médiocre état maintenant, présente le profil suivant (C 53):

0 à $10~\mathrm{cm}$; horizon gris, sablo-limoneux, assez riche en matière organique, structure grume-leuse.

10 à 60 cm; horizon rouge assez clair, limono-sableux, un peu argileux, assez poreux, des cailloux de quartz.

60 à 130 cm; horizon brun rougeâtre, argilo-graveleux, avec de nombreux cailloux de quartz souvent assez gros, compact.

En dessous, schiste ocre-jaune, très altéré, avec des masses terreuses, intercalaires, brun-rouge, et des cailloux et blocs de quartz.

Les racines, nombreuses et fines jusqu'à 60 cm, sont rares en dessous.

Près de là (C 54) sur un sol assez analogue, très riche en cailloux de quartz et en débris de schiste au-dessous de 65 cm, les cacaoyères étaient mortes très rapidement à la suite d'une attaque de « swollen shoot ». Leur médiocre développement dû à un sol de mauvaise qualité ne leur avait pas permis de résister à la maladie. Le pivot de ces arbres était normal jusqu'à 80 cm, puis se tordait en contournant les gros cailloux de quartz et se bifurquait vers 1 m. On pouvait le suivre jusqu'à environ 1,50 m, très différent ainsi du pivot simple et très droit des cacaoyères saines.

Si les graviers et cailloux, qui se trouvent dans le sol, sont facilement altérables, le cacaoyer peut se développer convenablement même s'ils y occupent une grande place et dès une faible profondeur.

Ainsi au col de Singrobo, sur la route d'Abidjan à Bouaké, une cacaoyère ancienne se maintient toujours en excellent état sur un sol en pente dont le profil est le suivant (C. 2-C. 1).

0 à 20-25 cm; horizon brun gris, un peu humifère, limonocaillouteux, à structure polyédrique à nuciforme poreux; cohésion forte des agrégats.

25 à 100 cm, horizon rouge brun à rouge, argileux, riche en cailloux de roche-mère plus ou moins altérée, structure polyédrique moyenne à fine, poreux.

100 à 120 cm; horizon de passage, argilo-graveleux, bigarré.

En dessous, roche verte en voie d'altération, en blocs, séparés par des fentes remplies d'éléments argileux rougeâtres.

La roche-mère de ce sol est un schiste amphibolitique très altérable sous ce climat tropical humide, malgré sa finesse de cristallisation.

Mais le cas, le plus remarquable que nous ayions observé, est celui des cacaoyères accrochées aux flancs de l'Orombo-Bocca, colline au Sud-Est de Toumodi. A 3 km du village de Assakro, les cacaoyers, très beaux, se développent sur des éboulis d'épidiorite microlithique, en forte pente.

Le sol présente le profil ci-dessous (C-104):

0 à 5 cm; feutrage de racines très abondantes dans une masse végétale en décomposition mêlée de cailloux de roche altérée.

5 à 25 cm, horizon humifère, chocolat foncé, argilo-graveleux, grumeleux, très poreux et friable.

De 25 à au moins 120 cm, horizon constitué de blocs et cailloux de roche-mère plus ou moins altérés, surtout en surface, avec, entre eux, une argile rouge-brun, polyédrique, contenant des gravillons ferrugineux de petite taille.

Les blocs de roche paraissent nettement plus altérés en profondeur. Les racines pénètrent bien entre les blocs.

Cette cacaoyère de l'Orombo-Bocca profite, non seulement d'une roche-mère très altérable et riche en éléments fertilisants, mais aussi d'un climat localement plus pluvieux que dans la région avoisinante, qui est d'ailleurs occupée, non par la forêt comme les pentes du Bocca, mais par la savane, et, en outre, particulièrement humide, grâce à l'abondance des brouillards qui, si souvent, entourent la colline.

Ainsi, un sol adapté à la culture du cacaoyer et permettant une production prolongée, doit être suffisamment meuble, poreux, perméable, pénétrable aux racines, et pas trop riche en graviers, cailloux, et blocs de roches jusqu'à 1,50 m ou, mieux, 2 m de profondeur. Cette condition générale est moins stricte lorsque le sol, toujours bien drainé, se trouve en région suffisamment pluvieuse, ou au moins, suffisamment humide. Il doit cependant toujours, même dans ce cas, permettre la pénétration des racines sur au moins 60 à 80 cm et, à la condition, que l'épaisseur du sol mise ainsi à la disposition des arbres soit chimiquement riche et retienne bien l'eau. Enfin, très graveleux et caillouteux, il peut rester apte au développement des cacaoyers si les graviers, cailloux ou blocs de roches sont, dans les conditions locales de climat, facilement décomposables, et que leurs produits d'altération sont riches en éléments fertilisants.

Terre fine. Texture.

La profondeur du sol et la proportion de terre fine indispensable au bon développement des cacaoyers varient, nous venons de le voir, en fonction des conditions climatiques du lieu; de même la granulométrie de la terre fine du sol convenant à cette culture varie aussi en fonction de l'hygrométrie atmosphérique et de la pluviométrie, auxquelles elle est soumise.

Dans un premier secteur, constituant le Nord de la zone forestière de Côte d'Ivoire, les meilleurs sols sont limoneux ou finement sablo-argileux.

Ainsi à 3 km de Kotobi, à 25 km Est de Bongouanou, une très belle cacaoyère en pleine production se développe sur un sol en faible pente, dont le profil est le suivant, sous le lit de feuilles en décomposition :

0 à 20 cm; horizon gris beige, plus foncé en surface, un peu humifère, limoneux, à strucure grumeleuse faible, poreux.

20 à 80 cm, horizon beige, limoneux, nuciforme, comportant de très rares taches ferrugineuses ocre rouille.

80 cm à plus de 1,20 m, horizon beige à taches ferrugineuses, limono graveleux, riche en graviers de quartz et de gravillons ferrugineux, parmi lesquels le pivot semble passer assez facilement.

L'analyse granulométrique des échantillons prélevés a donné les résultats suivants (en % de l'échantillon total séché à l'air ou de la terre fine séchée à 105°).

Nº de l'échantillon	Profondeur cm	Terre fine	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile
C. 931	0 à 10	93	34	33	29	9
C. 932	40 à 60	98	36	28	19	17
C. 933	90 à 110	40	38	24	17	21

Le sol paraît présenter des conditions physiques convenant bien, pour cette zone, aux exigences des cacaoyers. Son défaut essentiel reste son horizon graveleux trop proche de la surface. Les arbres n'en pâtiront, peut-être, que lorsqu'ils seront plus âgés.

Des sols plus sableux, surtout à moyenne profondeur (50 cm à 1 m), sont beaucoup moins favorables aux cacaoyers, dans cette zone.

Ainsi à 27 km à l'Ouest de Bongouanou, les cacaoyers sont morts, de sécheresse semble-t-il, sur un sol sableux à grossièrement sablo-argileux sur plus de 2 mètres. L'horizon supérieur, sur 1,10 m, a la constitution suivante:

Terre fine		98 %	•	
Sable grossier				120/
Sable fin	47% Argue			12 %

Un peu plus argileux plus en profondeur, il y est surtout grossièrement sableux.

Il peut d'ailleurs suffire qu'à moins de 1,50 m ou 2 m apparaisse en ce sol un horizon plus argileux, pour qu'il soit bien adapté au cacaoyer.

Ainsi, à côté de la tache précédente, où les arbres ont disparu, d'autres se développent bien sur un sol finement sableux jusqu'à 1,10 m, puis sablo-argileux à gravelo-argileux jusqu'à 1,35 m et enfin argilo-sableux en dessous de ce niveau.

L'horizon argileux profond semble suffire, pour retenir l'eau à la disposition des cacaoyers.

Dans cette zone, à saison sèche relativement trop prolongée, un horizon argileux à faible profondeur ne paraît pas non plus favorable à cette culture. En effet à 30 km Sud-Est de Bongouanou, la sécheresse a fait disparaître des cacaoyers sur un sol constitué des horizons suivants :

0 à 25 cm, horizon gris assez foncé limono-sableux, faiblement grumeleux, poreux.

25 à 45 cm, horizon brun chocolat, limono-argileux, nuciforme.

45 cm à au moins 1 m, horizon brun rouge, argilo-limoneux, très compact.

Les résultats de l'analyse du premier et du troisième horizon sont consignés dans le tableau cidessous (en % de l'échantillon total ou de la terre fine).

Nº de l'échantillon	Profondeur cm	Terre fine	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile
C. 901	0 à 15	94	12	42	33	14
C. 902	80 à 100	80	21		13	40

Ainsi, en résumé, dans cette zone à pluviométrie relativement faible et à saison sèche un peu trop marquée, les sols permettant un bon développement des cacaoyers sont des sols limoneux, sur 1,50 m à 2 m, ou des sols finement sablo-limoneux sur le premier mètre puis un peu plus argileux en dessous.

Dans tout ce qui précède, nous n'avons fait intervenir que les éléments minéraux du sol. Il est bien certain que la présence de matière organique, en quantité un peu importante, faciliterait l'adaptation des cacaoyers à des sols de texture plus variable et plus éloignée de celle que nous venons de définir comme la mieux adaptée.

Mais, dans la presque totalité des sols étudiés, la teneur en matière organique reste très faible et les différences, que nous pouvons constater entre les sols observés comme favorables au cacaoyer et ceux qui ne le sont pas, apparaissent insuffisantes pour revêtir une véritable signification.

Dans les secteurs, où le climat est plus humide, la pluviométrie y étant plus élevée et les saisons non pluvieuses très limitées, le cacaoyer peut s'adapter à des textures beaucoup plus variées.

Auprès de Niablé, une très belle cacaoyère, de plus de trente ans actuellement, s'est développée sur un sol sableux en surface puis sablo-argileux et, enfin, argileux en profondeur. Les horizons sous un lit de feuilles et débris végétaux en cours de décomposition ont les caractères suivants :

0 à 12 cm; horizon gris clair, plus foncé en surface, sablo-limoneux, faiblement grume-leux, poreux.

12 à 30 cm; horizon beige, sablo-limoneux, plus nuciforme, poreux, friable.

30 à 55 cm; horizon beige ocre, sablo-argileux, un peu plus compact.

55à $110~\mathrm{cm}$; horizon ocre brun, argilo-sableux, assez poreux paraissant riche en hydroxyde de fer.

110 à plus de 150 cm; horizon ocre rouge, argilo-sableux, avec quelques graviers, poreux et friable.

Même pendant la saison non pluvieuse, un tel sol reste humide à partir d'environ 50 à 60 cm.

L'enracinement y est très abondant en surface, mais se développe bien jusqu'à 50 cm, et le pivot pénètre très facilement en profondeur.

La granulométrie des échantillons, prélevés dans les différents horizons, est donnée dans le tableau ci-après (en % de l'échantillon total séché à l'air, ou de la terre fine séchée à 105°):

Nº de l'échantillon	Profondeur cm	Terre fine	Sable grossier	Sable fin	Limon	Argile
C. 661	0 à 12	90	58	23	19	11
C. 662	15 à 25	89	47	22	12	19
C. 663	40 à 50	85	39	21	6	34
C. 664	70 à 85	87	34	6	6	54
C. 665	120 à 130	80	26	9	8	54

Dans cette zone, le sol à cacaoyer peut aussi être assez argileux, et même un peu compact, à condition que ce caractère ne soit pas développé au point d'empêcher la pénétration du pivot en profondeur.

Il est bon d'ailleurs que l'horizon supérieur soit plus sableux, ou, au moins, plus limoneux.

Ainsi, sur alluvions, en zone plane, à Yakossi, près de Abengourou, le sol d'une belle cacaoyère présente le profil suivant (C. 72):

0 à 15 cm; horizon gris, limoneux, grumeleux, poreux.

15 à 55 cm; horizon beige assez clair, limoneux à limono-argileux, nuciforme, poreux.

55 à 100 cm; horizon brun, argilo-limoneux, comportant quelques cailloux ou graviers de quartz, et des concrétions ferrugineuses peu nombreuses, un peu compact.

100 à 180 cm; horizon brun ocre à taches rouges ou noires, comportant des pellicules foncées sur la surface des agrégats et de petites concrétions dures, arrondies, résultant, les unes et les autres, de conditions d'hydromorphie.

En dessous de 180 cm, horizon très riche en cailloux de quartz et en concrétions ferrugineuses.

Les racines pénètrent facilement en profondeur dans un tel sol.

Dans ces régions assez humides (Agboville, Adzopé et plus au Sud) les cacaoyères peuvent même se développer normalement sur des terrains assez sableux.

Cela est encore plus net dans la zone littorale la plus humide, essentiellement occupée par les Sols Ferrugineux Tropicaux, profondément lessivés, sur sables quartzeux et ferrugineux. Là, les cacaoyers peuvent prendre un certaine extension, au moins si leur ombrage est bien assuré, mais en général les rendements y sont faibles, du fait, plus de la très grande pauvreté chimique de ces sols, que de leur texture très légère.

Dans ces secteurs particulièrement humides, il apparaît même que la présence de gravillons ou cailloux, s'ils ne sont pas en très forte quantité et n'empêchent pas la pénétration des racines, favorise la croissance des arbres en améliorant le drainage du sol.

Dans de telles zones, les sols argileux utilisables, risquent toujours, en zones basses ou planes, d'être parfois trop gorgés d'eau. Ils conviendront mieux lorsque situés en pente moyenne.

Autres caractères de ces sols.

Nos observations et analyses ne nous permettent pas de tirer actuellement d'indications précises quant aux autres propriétés des sols les mieux adaptés.

Pour ce qui est des propriétés physiques, nous avons indiqué, chaque fois que nous en avions la possibilité, l'importance de la perméabilité et de la porosité de ces sols. Cela a déjà été mis en évidence, parfois avec des chiffres à l'appui, par d'autres auteurs, en particulier BAEYENS (1) et C. F. CHARTER (2).

Le cacaoyer n'est pas très exigeant du point de vue du pH du sol. Cependant ce sont les sols, dont le pH ne descend pas trop en dessous de 6, qui sont préférables. En dessous de pH 5, le rendement des cacaoyers paraît en général moins bon.

Ce caractère de pH assez élevé est en relation avec la richesse du sol en bases surtout alcalinoterreuses. Pour Baeyens, la limite inférieure en bases échangeables est, pour les bons sols à cacaoyers au Congo Belge, environ de 5 m. é. p. 100 g. Les résultats obtenus en Basse Côte d'Ivoire seraient assez voisins, mais un peu inférieurs (environ 4 m. é. p. 100 g).

La teneur en potasse échangeable parait très importante dans le cas de la culture du cacaoyer. Les valeurs, que nous avons obtenues pour les bons sols à cacaoyers, se rapprochent, au moins en partie,

de celles publiées par F. HARDY (3), environ 0,3 % de potasse échangeable suivant la texture du sol, à condition qu'en même temps la réserve en cet élément (extraction par les acides concentrés bouillants) soit élevée et d'environ 1 %00.

Pour ce qui est de la teneur du sol en azote, nous n'avons pu mettre aucune limite nette en évidence. Rappelons que, d'après HARDY, elle se situerait autour de 0,15 %.

Le même auteur indique des valeurs de C/N de l'ordre de 9 à 11, dans les vingt premiers centimètres des bons sols, et inférieurs plus en profondeur. Cela correspond à nos observations morphologiques, au moins pour les horizons de surface : absence d'horizon d'humus grossier, matière organique bien incorporée au sol et assez claire ; structure souvent grumeleuse de l'horizon superficiel.

Pour ce qui est de la teneur nécessaire en P₂O₅, nous ne pouvons donner, dans ces sols de régions tropicales humides, une interprétation de teneurs en P_2O_5 assimilable ; et les teneurs en P_2O_5 total, que nous avons obtenues, ne paraissent pas en relation avec les rendements observés.

Dans ses récents travaux C. F. Charter (2) a insisté sur les caractères morphologiques et la succession des horizons des meilleurs sols à cacaoyers de Gold Coast et sur la nature de leur rochemère.

Nous avons observé de belles cacaoyères sur des Sols Ferallitiques plus ou moins évolués, ceux présentant un lessivage accentué en surface (Sols Gris Ferallitiques) paraissant moins bien adaptés, sur des Sols Alluviaux, ou Colluviaux, parfois un peu hydromorphes en profondeur.

Les Sols Ferrugineux Tropicaux profondément lessivés, les Sols Hydromorphes lessivés à Gley et les Sols Hydromorphes à hydromorphie accentuée et assez superficielle, conviennent moins bien, et sont même, le plus souvent, à éviter, surtout les deux derniers. Il en est de même des Sols à Cuirasse actuelle ou ancienne peu profonde.

Enfin, les sols sur sables quartzeux ou sur alluvions et colluvions sablo-graveleuses sont à éviter. Ceux sur roches granitiques très leucocrates sont souvent peu recommandables. Ceux formés sur granitogneiss calco-alcalin, ou sur schistes plus ou moins métamorphiques peuvent constituer de bons milieux de croissance pour le cacaoyer. Les roche-mères donnant les meilleurs sols pour cette culture restent les dolérites, les schistes amphibolitiques et toutes les roches analogues.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Baeyens (chanoine J.). — Les sols de l'Afrique Centrale. Duculot, édit., Belgique, 1938, 375 p.
Bellefroid (V. de). — Bull. Agr. Congo Belge, XXXVII, 1946, 3, p. 554-85, 23 fig., tabl.
Brouhns (G.). — Bull. Agr. Congo Belge, XLI, 1950, 4, p. 925-92, 41 fig., bibl. de 40 références.
Groegaert (J.). — Bull. Agr. Congo Belge, XLI, 1949, 7 p.
Livens (J.). — Bull. Agr. Congo Belge, XLII, 1951, 2, p. 295-308, 2 tabl.
2. Charters (C. F.). — Cacao soils good and bad (Bons et mauvais sols à cacaoyers) W. A. C. R. I., Gold Coast,

CHARTERS (C. F.). — Lacad soils good and bad (Boils et madvals soils a cacadyers) W. A. C. R. 1., Gold Coast, 1949, 11 p., 4 fig.
 — (L'étude détaillée des sols de la zone cacadyère de Gold Coast), Dep. of Agr., Gold Coast, 1950, 20 p.
 HARDY (F.). — Trop. Agric., XXVIII, 1951, 1-6, p. 22-25, 1 tabl., 1 fig.
 HENRY (Y.). — Le cacad, Paris, 1913.
 BARBEROU (J.). — Météorologie, in, Afrique Occidentale Française, Tome premier, Encycl. Col. et Mar., Paris, 1949, 216-240, 7 tabl., 4 fig., bibl.
 BRAUDEAU (J.), BURLE (L.). — Le cacad, Bull. Agron. 9, S. T. A. T., Paris, 1954, 63 p., 75 phot., 10 fig., 6 tabl., bibl. de 24 références

bibl. de 24 références.

7. Marvier (L.). — Notice explicative sur la carte géologique d'ensemble d'A. O. F., Bull. Direction fédérale, Mines et Géologie A. O. F., 16, Dakar, 1953.



L'AGRONOMIE TROPICALE

Extrait du nº 4 Juillet-Août 1954

OBSERVATIONS SUR QUELQUES CARACTÈRES DES SOLS DE CACAOYÈRES EN CÔTE D'IVOIRE

par

G. AUBERT

Office de la Recherche scientifique et technique outre mer

H. MOULINIER

Office de la Recherche scientifique et technique outre mer

O. R. S. T. O. M.

Collection de Référence

mº 10439

- 1 MARS 1966