

Extrait
des C. R. du Congrès de Pédologie
(Montpellier—Alger)
9-20 Mai 1947

LES MÉTHODES D'EXAMEN DES SOLS TROPICAUX ET SUBTROPICAUX

Par J. BAEYENS.

Professeur à l'Université de Louvain.
Directeur de l'Institut Pédologique de l'Université.

En 1934, l'Institut national pour l'Étude agronomique du Congo belge (I. N. E. A. C.), créé au sein du ministère des Colonies, me chargea de l'organisation de l'étude des sols du Congo belge. En conséquence, une expédition pédologique fut projetée en Afrique centrale. A l'issue de cette expédition il fut créé à Yangambi (Stanleyville) une station d'agro-géologie s'occupant de l'étude du sol en rapport avec sa productivité et son amélioration.

Les résultats des recherches ont été condensés dans un ouvrage *Les sols de l'Afrique centrale*, dont le premier volume, paru en 1938, expose les principes des méthodes suivies et des résultats obtenus. Le deuxième volume, actuellement sous presse, traite plus spécialement des sols à bananiers de l'ouest africain tropical (1).

Après dix années de recherches continues, le moment nous semble venu de donner un coup d'œil rétrospectif sur les résultats acquis à ce jour et sur les méthodes qui nous ont permis d'obtenir ces résultats.

Nous traiterons successivement les points suivants :

1. La nécessité du système de diagnostic totalitaire en pédologie tropicale et subtropicale.
2. La notion d'échelle pédologique de fertilité appliquée aux sols tropicaux.
3. La technique du diagnostic pédologique aux tropiques.
4. L'importance relative des différentes catégories de facteurs pédologiques dans l'estimation de la fertilité d'un terrain aux tropiques.

La nécessité du système de diagnostic « totalitaire » en pédologie tropicale et subtropicale.

La productivité d'une plante de culture est déterminée par un ensemble de facteurs de croissance d'ordre climatique, génétique, sanitaire, physique, chimique, biologique, hydraulique qui tous à un

(1) J. BAEYENS, *Les sols de l'Afrique centrale*. Gembloux (Belgique). J. Duculot.
Tome I. Le Bas-Congo belge. (*Épuisé.*)
Tome II. Les sols à bananiers de l'ouest africain tropical. (*Sous presse.*)

degré divers contribuent à la réussite d'une culture donnée. Parmi ces causes, les facteurs d'ordre pédologique proprement dit ne constituent qu'une catégorie parfois d'ordre secondaire. Et dans les facteurs pédologiques proprement dit il existe une catégorie d'importance dont nous parlerons plus loin.

La principale tâche du pédologue tropical et subtropical consiste dans le choix judicieux de ces facteurs de croissance, pédologiques et autres, qui ont pour la région déterminée, une influence décisive sur le résultat d'une récolte.

Dans une région totalement inconnue, le pédologue doit commencer par choisir ces facteurs en tâtonnant, ce qui revient à dire qu'au début il doit essayer tous les facteurs que nous venons de mentionner. Cette tâche peut paraître d'une complication inextricable : nous ne saisirons probablement jamais l'ensemble de toutes les influences qui conditionnent la croissance d'une plante de culture et la réussite ou la faillite d'une récolte ; mais l'expérience pédologique au Congo belge nous a appris qu'on peut grouper ces facteurs pédologiques en quelques catégories qui permettent de saisir d'une manière assez complète la fertilité et l'ensemble des propriétés d'un sol donné.

Ces catégories sont : les propriétés mécaniques du sol, sa structure, son régime hydraulique, ses propriétés chimiques et colloïdales, son activité biologique et enfin la morphologie du profil.

Il nous est impossible, dans le cadre du présent exposé, de parler séparément de ces différentes catégories de facteurs et de leur application dans la pratique. Je dois me contenter de mettre devant vos yeux un exemple de diagnostic pédologique tel que nous l'avons appliqué à deux plantations de canne à sucre du Bas-Congo (Cf. tableau ci-joint). Le lecteur remarquera facilement le classement que nous avons introduit dans ce système de diagnostic qui a la prétention d'être « totalitaire », c'est-à-dire d'englober toutes les influences de quelque importance qui déterminent la productivité de ce sol. L'expérience nous a prouvé que ce système de recherches permet, dans la presque totalité des cas, de déterminer la valeur réelle du terrain et son aptitude à une plantation déterminée.

La notion d'échelle pédologique de fertilité appliquée aux sols tropicaux.

Lorsque le pédologue a examiné un sol tropical de la manière totalitaire que nous venons d'exposer au numéro précédent, il dispose d'un ensemble de données et de chiffres qui, par eux-mêmes, ne disent pas grand'chose, mais qui doivent être interprétés d'une manière judicieuse avant de pouvoir conduire à une conclusion définitive au sujet de la valeur du terrain considéré.

Pour préciser notre idée, nous devons rappeler ici le caractère essentiel *relatif* de toute analyse pédologique, quelle qu'elle soit. Ainsi tout pédologue sait qu'en extrayant d'un sol l'acide phosphorique « assimilable » au moyen d'un des réactifs employés actuellement : acide citrique, lactate de Ca, etc., il n'est nullement certain que les milligrammes ainsi obtenus représentent ni plus ni moins la partie réellement assimilée par la plante.

Pour que ces derniers acquièrent une valeur pratique il doit les confronter dans un grand nombre de cas aux résultats de récolte réellement obtenus.

Comparer les centaines d'analyses pédologiques aux données des récoltes correspondantes c'est dresser l'échelle pédologique de fertilité d'une région déterminée. Cette comparaison suppose qu'il existe une certaine relation entre le chiffre analytique obtenu et la réaction de la plante vis-à-vis de ce chiffre. Cette réalisation n'est pas évidente *a priori* mais l'étude de centaines de plantations existantes en Afrique centrale nous a appris qu'elle existe de fait, et que le système de diagnostic du sol que nous avons inauguré pour le Congo belge possède une valeur pratique réelle. Le rapport entre *chaque* catégorie d'analyses pédologiques et la fertilité du sol n'est pas toujours évident et son importance n'est pas la même. Seule l'expérience pendant de longues années, basée sur l'étude d'une multitude de cas spécifiques, peut apprendre au pédologue cette corrélation avec son importance relative. C'est dire que les recherches pédologiques aux tropiques portent un caractère « particulariste » très prononcé : le jugement sur un morceau de terrain ne vaut que pour ce terrain-là, et pas pour le terrain voisin : seule l'accumulation d'une multitude de diagnostics répétés sur les principales plantations existantes d'une région permet, à la fin, un coup d'œil d'ensemble sur la fertilité générale de la contrée étudiée.

En pédologie tropicale il faut avoir la patience d'accumuler d'abord un grand nombre de diagnostics partiels avant de porter un jugement général sur les propriétés des sols d'une région. L'expérience nous a appris maintes fois qu'un jugement définitif semblait possible après l'analyse de cinq ou dix plantations alors que ce jugement devenait tout autre après l'étude de vingt ou de trente exploitations.

Les considérations qui précèdent nous font prévoir naturellement deux étapes dans l'établissement de l'échelle pédologique de fertilité d'une région donnée : d'abord l'étude des plantations existantes et puis seulement la prospection des terrains nouveaux, de la forêt vierge.

Je crois nécessaire d'insister sur ce point, parce que l'expérience m'a appris que de fait cet ordre est assez souvent renversé : les sociétés coloniales, désireuses d'obtenir des résultats dans le plus bref délai, envoient leurs pédologues dans les parties de leurs domaines non encore

exploitées en négligeant leurs plantations existantes. Les considérations précédentes au sujet du caractère essentiellement relatif de toute étude pédologique aux tropiques, feront comprendre qu'une telle façon de faire ne peut en aucune façon produire des résultats dignes de confiance. Une société qui veut connaître les qualités, défauts et possibilités d'un terrain à exploiter doit commencer par faire étudier les plantations existantes de la région où l'on possède des données de récolte. C'est seulement l'étude de ces plantations-là qui permet l'établissement de l'échelle pédologique de fertilité : le pédologue analyse ces plantations, établit le rapport éventuel entre les chiffres analytiques et les récoltes et compare ces mêmes chiffres, obtenus sur le terrain vierge, aux chiffres analytiques des plantations existantes.

C'est un travail coûteux et de longue haleine dans une région où aucune étude pédologique n'a été faite, mais c'est un travail indispensable pour arriver à un résultat concret. Il dépasse souvent les moyens d'une société privée mais c'est ici que doivent intervenir les Pouvoirs publics pour soutenir l'initiative des efforts individuels. Le ministère des Colonies de la Belgique a compris cette tâche et c'est grâce à son intervention; ainsi qu'à son organisme spécialisé, l'Institut national pour l'Étude agronomique du Congo belge (I. N. E. A. C.) que nous avons pu obtenir les résultats très encourageants consignés dans nos deux ouvrages cités plus haut et dont la présente communication donne un aperçu succinct.

La technique du diagnostic pédologique aux tropiques.

Cette technique comporte deux phases : la prospection sur place par profilage et l'examen au laboratoire. Elle est différente suivant qu'il s'agit d'une plantation existante ou qu'il faut prospector un terrain nouveau (forêt ou savane). La première doit logiquement précéder la seconde comme nous venons de voir dans le chapitre précédent.

A. — LA PROSPECTION DES PLANTATIONS EXISTANTES.

a) La recherche des facteurs extra-pédologiques.

Avant d'aborder l'examen pédologique d'une plantation existante il faut étudier les antécédents de cette plantation : le degré de développement de la forêt avant défrichement, son mode d'abatage, l'aménagement de la plantation, choix des plants et semences, apparitions antérieures de maladies et leur localisation, tout cela en vue de la découverte de causes que nous appellerons « extra-pédologiques », capables d'influencer l'aspect actuel et la productivité de la plantation, causes qui sont dues à des influences autres que celles inhérentes au sol même.

Si cet examen préliminaire n'est pas fait d'une façon suffisamment approfondie, le pédologue court le danger de mettre sur le compte du sol des différences de productivité ou de croissance dues en réalité à des causes qui n'ont rien à voir avec le sol lui-même ou du moins ne sont qu'indirectement en connexion avec lui. Je songe ici tout particulièrement à l'état sanitaire d'une plantation et aux maladies cryptogamiques. L'apparition d'une maladie causée par des champignons ou des bactéries (je ne parle pas des maladies « physiologiques ») peut évidemment être la suite d'une infection due au hasard, sans aucun lien avec le sol, mais l'expérience de l'étude de centaines de plantations en Afrique centrale m'a appris que parfois le sol est *indirectement* en cause. Si le terrain est riche et bien en ordre au point de vue pédologique, la végétation sera vigoureuse et se défendra d'elle-même contre un ennemi venant du dehors. Si le sol laisse à désirer, la plante sera chétive et sera plus facilement la proie des bactéries et des spores de champignons.

b) *L'aspect « en mosaïque » des plantations en Afrique centrale.*

Tout pédologue qui étudie les plantations en rapport avec le sol est frappé par leur aspect très hétérogène, même de celles dont l'aménagement et l'entretien ont été exécutés d'une manière uniforme. Toute plantation est une « mosaïque », une juxtaposition de lopins bons et moins bons qui se succèdent et s'alternent sans aucune régularité. Cette situation est causée évidemment par l'hétérogénéité naturelle du sol, mais elle doit être mise sur le compte, du moins en partie, des causes extrapédologiques dont nous avons parlé plus haut : irrégularités dans les procédés d'aménagement et de soins d'entretien ainsi que l'apparition locale de maladies. Cette hétérogénéité d'aspect et de productivité, qui dérouté le pédologue débutant, constitue en réalité pour le technicien averti une aide précieuse dont il doit se servir pour l'établissement de son échelle pédologique de fertilité comme nous allons le voir.

c) *Le choix de l'emplacement des profils.*

Avant d'aborder l'étude du terrain lui-même, le pédologue doit être en possession d'un plan de la plantation où sont indiquées aussi fidèlement que possible toutes les différences de l'aspect et de la productivité des plantes avec l'indication des facteurs extrapédologiques capables de fausser son jugement sur la valeur du sol.

Ce plan en main, le pédologue parcourt la plantation et fait creuser un trou de profil au centre de chaque endroit bon et moins bon en groupant les trous autant que possible en petites séries de 2, 3 ou 4, de telle façon qu'à un profil creusé dans un mauvais endroit doit correspondre

un autre creusé dans un endroit meilleur à proximité. Cet accouplement de profils est nécessité par le caractère essentiellement relatif de tout examen pédologique tant au laboratoire que sur place. (Cf. chap. III.)

L'expérience nous a appris que le choix judicieux de l'emplacement des profils constitue le point cardinal de toute prospection pédologique sur place et est un indice de la valeur personnelle du pédologue. Le débutant a une tendance à distribuer ses profils d'une manière régulière sur le terrain. De cette façon il fait trop ou trop peu de profils. La distribution des profils sur le terrain doit être faite de telle façon qu'aucune variation dans les propriétés du sol n'échappe tout en évitant de creuser des profils inutiles. Dans ce même ordre d'idées, la description minutieuse de chaque profil, si nécessaire soit-elle, est cependant moins importante que la comparaison des caractéristiques générales des profils entre eux. La pratique du profilage apprend assez vite à englober d'un coup d'œil général les différents horizons sans s'attarder à leur description détaillée, pour concentrer toute l'attention sur la comparaison des profils dans chaque série et des séries entre elles.

B. — LA TECHNIQUE DE LA PROSPECTION PÉDOLOGIQUE D'UN TERRAIN VIERGE AUX TROPIQUES

La prospection des plantations existantes dans une contrée, jointe aux analyses de laboratoire, aura permis au pédologue de dresser l'échelle pédologique de fertilité de cette région. Moyennant cette échelle, il peut maintenant entamer la prospection des terrains nouveaux non encore en culture. Cette technique n'est pas la même que celle des plantations existantes mais son objet est identique : trouver le plus judicieusement possible l'emplacement des profils à étudier. Dans ce choix il doit se laisser guider par l'ensemble des variations que présente le terrain et la végétation qu'il porte. Il est impossible de donner ici des règles précises : seule une longue expérience peut apprendre au pédologue l'art qui consiste à jalonner ses profils, ni trop ni trop peu, de telle façon qu'aucune variation importante du terrain ne lui échappe. Voici cependant quelques directives générales.

a) *L'aspect de la végétation spontanée.* — Au Congo belge nous avons trouvé que la composition botanique de la forêt est moins importante que son degré de développement. Ainsi, au Mayumbé nous avons pu distinguer dans la forêt trois degrés différents de développement, nettement en rapport avec la qualité du sol, et cela indépendamment des essences botaniques présentes.

b) *L'utilité de la mesure du pH sur place.* — Dans notre ouvrage sur les sols de l'Afrique centrale, nous avons pu montrer qu'il existe une

corrélation assez serrée entre la réaction du sol et sa teneur en bases échangeables. Comme la mesure du pH peut s'exécuter facilement sur place, on comprend qu'un bon potentiomètre portatif, sensible au dixième de pH, est un ingrédient essentiel de l'équipement de toute prospection pédologique aux tropiques.

c) *Prospection préliminaire et complémentaire.* — Une prospection pédologique exécutée d'après les principes que nous venons d'exposer est une entreprise compliquée, longue et coûteuse. Nous croyons qu'un gain sérieux de temps et de dépense peut être réalisé en divisant le travail en prospection préliminaire et complémentaire.

En abordant un endroit nouveau, le pédologue parcourt rapidement le terrain en examinant en cours de route un petit nombre de profils dont il envoie les échantillons au laboratoire d'analyse. En attendant le résultat de ces analyses, le prospecteur attaque un autre bloc voisin pour retourner au premier, pour la prospection approfondie, si les premiers résultats du laboratoire semblent favorables.

L'importance relative des différentes catégories de facteurs pédologiques dans l'estimation de la fertilité d'un terrain aux tropiques.

Nous avons vu qu'un examen de sol aux tropiques implique une prospection sur place et des analyses de laboratoire. À la fin de cet examen, le pédologue dispose donc d'un ensemble de données multiples qui peuvent être classées en quelques catégories dont l'importance relative est assez inégale en vue de la détermination de la fertilité probable d'un terrain à cultiver. Nous pouvons classer ces catégories dans l'ordre ci-après, suivant leur degré d'importance décroissante :

1. Les facteurs d'ordre climatique. — Température et pluie.

À première vue ces facteurs semblent être de nature extra-pédologique mais nous avons pu montrer dans le tome I de notre ouvrage sur les sols africains, que ces facteurs ont une telle influence sur les propriétés et fertilité du sol qu'on peut les considérer comme de vrais facteurs pédologiques. Nous allons même plus loin et nous n'hésitons pas à dire que de tous les facteurs pédologiques aux tropiques, une température et une pluie convenables constituent la condition première et principale pour la réussite d'une culture. Une étude pédologique aux tropiques n'est pas possible sans une étude climatique ou plutôt pédoclimatique de l'endroit.

2. La morphologie du profil.

Nous entendons par morphologie du profil son caractère homogène ou hétérogène, la présence ou l'absence d'horizons marqués, la présence

ou l'absence d'accidents morphologiques comme sont les bancs pierreux, une nappe phréatique surélevée, un horizon gley accentué, etc. La morphologie du profil doit être mise en rapport avec l'étalement du système racinaire qui est normal seulement dans un profil homogène sans horizons saillants.

Si le profil est coupé par un accident, le système racinaire est tronqué et la plante reste chétive, mais en dehors de ce cas nous avons remarqué maintes fois que la forme que prend le système racinaire s'adapte parfaitement à l'hétérogénéité du profil et cela indépendamment de l'espèce botanique. Ainsi, si un profil argileux est coupé en son milieu par un horizon très sablonneux, l'étalement du système racinaire sera, au milieu du profil, autre qu'en haut et en bas. Le caractère traçant et pivotant du système racinaire, propre à chaque espèce botanique, disparaît en grande partie devant l'hétérogénéité du profil. Un profil à horizons très différenciés rend impossible une culture normale *quelle que soit la richesse chimique du sol*. Voilà pourquoi nous considérons qu'après les facteurs climatiques, l'étude de la morphologie du profil occupe la place la plus importante dans les travaux de prospection. Elle est de beaucoup plus importante que l'analyse chimique du laboratoire.

3. *Les propriétés physiques du profil en rapport avec son régime hydraulique et l'étalement du système racinaire.*

Quand nous parlons de propriétés physiques du profil, nous songeons à son caractère argileux ou sablonneux et surtout à sa structure. Il est évident que ces propriétés sont en rapport étroit avec le régime hydraulique et aussi avec l'étalement du système racinaire. Dans cet ordre d'idées nous avons introduit en pédologie tropicale deux notions que nous croyons être de la plus haute importance pour l'avenir de la prospection aux tropiques, notamment celles de *volume* et de *surface* racinaire. Nous entendons par volume racinaire, le volume total *du sol* exploité par les racines tandis que la surface racinaire indique la surface totale que présente au sol le système racinaire avec ses racines et radicelles. Un profil qui n'est ni trop argileux ni trop sablonneux et est à bonne structure, a une teneur en eau capillaire nécessairement élevée s'il pleut assez ou si le terrain est alimenté par irrigation souterraine, naturelle ou artificielle. Dans un tel profil le volume racinaire sera plutôt réduit mais la surface racinaire sera grande. En d'autres termes l'étalement du système racinaire ne sera pas considérable mais il sera très ramifié avec un chevelu dense de radicelles. Si le terrain est sablonneux ou a structure défavorable la teneur en eau capillaire, dont la plante vit, est minime et les racines sont obligées d'aller chercher au loin l'eau dont elles ont besoin : le système racinaire

sera étalé mais peu dense : volume radiculaire élevé, surface radiculaire réduite.

4. *La répartition de la matière organique à travers le profil. — Zone d'infiltrations d'humus.*

L'importance de l'humus aux tropiques ne doit plus être démontrée. Nous croyons cependant utile d'attirer l'attention du prospecteur pédologique sur ce que nous appelons : zone d'infiltration humifère en rapport avec la structure et le régime hydraulique du sol. Si le sol est en bonne structure, si sa réaction et sa teneur en bases échangeables est suffisamment élevée, la matière organique superficielle solubilisée pendant le processus de l'humification « filtre » d'une manière homogène et graduelle à travers les horizons superficiels de telle façon que le haut est noir foncé pour s'éclairer graduellement vers le bas. Une telle zone d'infiltration d'humus est un indicé de la valeur générale du profil non seulement au point de vue de l'abondance de l'humus lui-même, mais aussi au point de vue de la bonne structure du profil et par conséquent de son régime hydraulique.

5. *La richesse chimique du terrain.*

Si les conditions climatiques sont favorables, c'est-à-dire si le régime pluvial est abondant et bien réparti à travers les saisons, si la morphologie du profil est en ordre, si ses constantes physiques et par conséquent son régime hydraulique sont favorables, on peut dire, que le terrain est fertile, *même si sa teneur en matières nutritives est plutôt faible*. Dans la catégorie d'importance des facteurs pédologiques de croissance, nous classons ainsi les facteurs chimiques en dernier lieu, alors que dans les régions tempérées elles ont occupé jusqu'ici la première place.

Ce renversement des choses, qui peut sembler paradoxal, est cependant très explicable à la lumière de nos connaissances pédologiques actuelles : un sol sous régime pluvial abondant et à bonne structure possède, sous forme d'eau capillaire, un trésor hydraulique abondant qui mobilise de la réserve du sol un capital chimique suffisant même si, calculé en pour cent, la teneur en matières nutritives est plutôt faible. C'est là l'explication du secret d'une forêt tropicale exubérante qui se maintient sur un sol chimiquement pauvre à condition que ses autres constantes pédologiques soient excellentes.

Nous sommes ainsi amené à mettre les constantes chimiques d'un terrain au bas de l'échelle d'importance des facteurs pédologiques qui régissent la fertilité d'un sol tropical en général. En agissant de la sorte nous sommes pleinement conscients de la responsabilité scientifique que nous assumons ainsi vis-à-vis de l'orientation que l'agriculture

doit prendre à l'avenir. Le problème de la pédologie tropicale appliquée à l'agriculture est à l'heure actuelle avant tout un problème de diagnostic judicieux et de conservation du sol plutôt que de son amélioration, coûteuse et problématique, par les engrais chimiques. Cette conservation du sol est étroitement liée à la présence et à la conservation de la matière organique.
