MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR
Série D — Tome II — Fascicule 2. — 1950

RAPPORT DE MISSION PÉDOLOGIQUE A L'ILE MAURICE

(Avril 1950)

par

P. SEGALEN

SOMMAIRE

INTRODUCTION 97

LES SOLS DE L'ILE MAURICE :

Topographie 98
Géologie et pétrographie 98
Climat. 99
Types de sols. 99

LES MÉTHODES ANALYTIQUES :

Déterminations qualitatives et si nécessaire quantitatives 105
Déterminations à effectuer sur un sol broyé 105
Déterminations à effectuer sur sol tamisé. 109

CONCLUSION. 120

BIBLIOGRAPHIE. 120

INTRODUCTION

Du 17 au 24 avril 1950, j'ai été en mission à l'Ile Maurice me documenter sur les techniques analytiques employées au laboratoire du « Mauritius Sugar Industry Reserve Fund » que dirige M. P. Halais.

Au laboratoire de Curepipe, j'ai pu voir effectuer des dosages rapides de N, P et K, dans les feuilles de Canne à sucre, par colorimétre photo-électrique grâce à des méthodes parfaitement étudiées, sous le double point de vue du dosage proprement dit et du matériel de laboratoire à mettre en œuvre ; 4.000 champs de Cannes ont pu être étudiés pendant l'année 1948.

En plus des méthodes de dosage de N, P et K, M. P. Halais a bien voulu me faire part de toute une série de techniques analytiques concernant les sols ; ces méthodes ont été autrefois utilisées par lui pour l'étude des sols de l'Ile Maurice.

Enfin, grâce encore à l'amabilité de M. P. Halais, j'ai pu circuler dans l'île et avoir une idée des sols de Maurice. Dans les pages qui suivent, je me propose de donner un aperçu pédologique de l'Ile Maurice ; puis un ensemble de méthodes applicables à l'étude analytique des sols, en insistant sur celles

Fonds Documentaire ORSTOM
010015163

Fonds Documentaire ORSTOM
Cote : B*15163 Ex : 1

qui sont susceptibles d'accélérer un dosage donné. Sauf pour un petit nombre de déterminations (physiques en particulier) il est possible de ramener toutes les opérations à une colorimétrie et ainsi gagner un temps précieux.

Je tiens à remercier tout particulièrement ici M. P. Halais grâce auquel mon voyage à l'Ile Maurice a été aussi fructueux et à qui je dois la quasi-totalité des renseignements exposés ci-après.

LES SOLS DE L'ILE MAURICE

L'Ile Maurice est située dans l'hémisphère austral par 57°30, de longitude Est (Greenwich) et 20° de latitude Sud. Sa distance de la Réunion est d'environ 200 km. Elle est sensiblement à la même latitude que Mahanoro sur la Côte Est de Madagascar.

Les facteurs qui influenceront la formation des sols seront la topographie, la roche-mère et le climat.

Topographie

On peut distinguer à Maurice deux types de relief. Une partie assez élevée (7 à 800 m.), très accidentée, située presque tout entière dans l'Ouest de l'île et formant une série de hauteurs alignées Nord-Sud. Parmi celles-ci citons : Le Morne, Le Corps de garde, le Pieter Both, le Pouce, etc...

Le reste de l'île ne présente que des pentes assez douces dirigées vers le Nord, l'Est et le Sud, constituant plusieurs grandes plaines, dont l'altitude maxima est de 600 m. vers Curepipe.

Géologie et Pétrographie

On a pu distinguer à l'Ile Maurice, trois séries éruptives dont les deux dernières seules sont intéressantes du point de vue pédologique et agricole.

a) *La série ancienne*, très complexe, comprend les hauteurs escarpées de l'Ouest. Les roches sont des basaltes, des trachytes, des Océanites-Ankaramites, des tufs, etc... Il est possible que ces formations anciennes aient occupé autrefois une surface beaucoup plus importante et que ce que nous en voyons soit le résultat de dislocations et de l'érosion.

b) *Une série relativement récente* constituée essentiellement de basaltes doléritiques (que dans le cours de cet exposé, nous appellerons basalte (2), dont on peut suivre les coulées soit vers l'Est, soit vers l'Ouest (par Phenix et Beau-Bassin). Les appareils volcaniques émergent à peine des coulées (Trou-aux-Cerfs par exemple) et rappellent les volcans hawaïens.

L'érosion a déjà façonné ces coulées et leur a donné un aspect mame-

lonné. Les rivières sont souvent profondément encaissées et les sols bien drainés.

c) *Une série plus récente* se compose également de basaltes (3) généralement vacuolaires. A l'Ouest de Souillac, on peut voir un basalte (2) surmonté d'un sol et recouvert par une coulée de basalte (3). Dans les régions où existe ce basalte (3) le drainage n'est pas encore assuré et il n'y a pas de rivière digne de ce nom.

Climat

L'ensemble de l'île est sous l'influence de l'alizé dont la direction est Ouest-Nord-Ouest.

Les pluies sont surtout abondantes au centre de l'île où l'on enregistre jusqu'à 200 ins. soit 5.400 mm. Elles décroissent à mesure que l'on approche des côtes où il ne tombe que 60 ins. soit 1.620 mm. Localement, la pluviométrie peut être encore plus faible et descendre au-dessous de 1.000 mm. La température varie en sens inverse de la pluviosité. Sur les « hauts » de la partie centrale, la température moyenne annuelle sera inférieure à 20°. A mesure que l'on descend vers la côte, elle augmentera pour atteindre 25° à proximité de l'océan.

P. Halais a groupé les climats de l'île en quatre grands groupes :

Type de climat	Pluviométrie	Température	Végétation
Sous-humide tropical. .	700 mm.	25°-23°	Zone de la Canne à sucre
Humide mésothermique.	700 à 2.000 mm.	23°-21°	
Super Humide I	2.000 à 4.000 mm.	22°-20°	
Super Humide II . . .	4.000 mm.	20°	Forêts primitive et second.

Grands types de sols de l'Ile Maurice

Les sols de l'Ile Maurice ont été étudiés par N. Craig et P. Halais (1) qui en ont donné la classification. Cette étude porte essentiellement sur les sols cultivés en Canne à sucre.

Dans la région des « Hauts » de l'île, située à plus de 600 m. d'altitude, on rencontre les deux types de basalte (2) et (3) ainsi que des tufs (environs du cratère Raoul et de la Mare Longue). La végétation est la forêt primitive ou abondent les fougères arborescentes. Elle est souvent remplacée par des formations secondaires à Pandanus et Ravenala qui ne sont pas sans rappeler certaines savoka de l'Est de Madagascar.

Sur le basalte (2) et les tufs, les sols peuvent être assez profonds. Leur couleur varie d'havane clair à rougeâtre. On y trouve des concrétions rouges de la grosseur d'une noisette et assez tendres.

Sur le basalte (3), le drainage est mal assuré. Les sols présenteront souvent des horizons de gley typiques. La Canne à sucre ne peut venir sauf exception, sur ces sols par suite de la température trop faible et de la pluviosité trop forte. Le Théier y vient bien mais est peu développé. Le service des forêts y effectue des reboisements. Les autres types de sols seront fonction essentiellement du climat et de la roche-mère. Avec trois types de climat et deux roches-mère, nous aurons six types de sols.

Avec le basalte (2), les sols seront relativement profonds avec des boules, parfois fort nombreuses dans le profil. Les sols, bien drainés, seront dénommés : « argiles à *blocs* basaltiques ». Les profils sont le plus souvent très homogènes, la zone d'altération est pratiquement nulle.

Avec le basalte (3), les sols seront très peu épais et pourront être qualifiés de lithosols. Le drainage y est mal assuré. Au lieu de boules nous aurons ici des graviers. Les sols seront dénommés : « argiles à *graviers* basaltiques ».

L'étude de la partie fine de ces deux grands groupes montre que l'évolution pédologique des sols formés à partir des deux roches-mère est à peu près identique. Il n'y aura pas de différence de nature mais simplement d'intensité. Ceci tend à prouver que :

— les facteurs pédogénétiques étaient les mêmes à l'Ile Maurice depuis la mise en place du basalte (2) ;

— l'altération (ici latéritique) se produit presque immédiatement. A mesure que la roche s'altère, l'on obtient aussitôt le sol correspondant au climat. Dans un temps suffisamment long les sols formés à partir du basalte (3) seront assez semblables à ceux formés à partir du basalte (2).

Sols de la région Super humide I.

Altitude	200 à 600 m.
Pluviométrie	2.500 à 4.000 m.
Température	20 à 22°

L'on aura deux types de sols :

— le type de l' « argile à blocs » a été pris à Sans-Souci ;

— celui de l' « argile à graviers » à Rose-belle.

La couleur est havane clair. L'ensemble de leurs propriétés les range dans les latérites vraies.

Propriétés physiques et chimiques :

	Sans-Souci	Rose-belle
Cailloux %	4	25
Argile %	47	42
Matière organique %	5,9	9,8
C/N	12,0	11,5
*p*H	5	5

Capacité d'Echange Minérale M. Eq.	7,5	8,3
H2O + %	20,2	17,7
Silice/Alumine	0,35	0,65

Dans cette zone qui comprend 530 km², 121 km² sont cultivés en Canne dont 56 km² pour le premier type et 65 pour le deuxième.

RÉGION HUMIDE.

Altitude	400 m.
Pluviosité	1.250 à 2.000 mm.
Température	23 à 21°

Les deux sols sont havane, Les localités types sont pour l'argile à blocs Le Réduit, et pour l'argile à graviers Plaisance. L'ensemble de leurs propriétés les rangent dans les latérites argileuses.

	Le Réduit	Plaisance
	—	—
Cailloux %	5	42
Argile %	62	50
Matière organique totale %	5,1	6,6
C/N	10,7	10,2
*p*H	6,1	6,3
Capacité Ech. Minérale M. Eq.	12,3	20,0
H2O +	15,3	14,1
Silice/Alumine	0,95	1,3

Superficie totale 900 km², 420 km² sont cultivés en Canne — 235,3 et 983,4 km² — dont 236 km² pour le premier type et 184 pour le deuxième.

RÉGION SOUS-HUMIDE A PLUIES DÉFICITAIRES AU PRINTEMPS.

Altitude	0 à 200 m.
Pluviosité	750 à 1.250 mm.
Température	25° à 23°

Les localités types sont Richelieu pour l'argile à blocs et Mapou pour l'argile à graviers.

Les sols sont brun rougeâtre. Leurs propriétés en font des argiles latéritiques.

	Richelieu	Mapou
	—	—
Cailloux %	8	55
Argile %	13	50
Matière organique totale %	4,0	6,1
C/N	9,1	9,7
*p*H	6,8	6,7

Capacité Ech. Minérale M. Eq.	19,6	29,1
H2O + ...	12,6	12,2
Silice/Alumine..	1,7	1,7

Superficie totale 400 km². Superficies cultivées en Canne 83 km², dont 35 km² pour le premier type et 48 pour le deuxième.

L'ensemble de ces données montre que la latérisation est d'autant plus accentuée que la pluviosité est plus élevée.

Sols de la plaine Lauzun.

Entre le rivage Ouest et les chaînes de montagnes constitués de roches de composition différente des deux basaltes précédents (Ankaramites Océanites) existe un autre sol dont la localité type a été prise à la Plaine Lauzun (Port-Louis). Cette région est beaucoup moins arrosée, étant abritée de l'alizé par des hauteurs. La pluviosité est inférieure à 1.000 mm. La roche-mère fortement magnésienne.

Les sols sont gris à noirâtres se fendillant en saison sèche. Le rapport, Silice/Alumine est supérieur à 3 et la capacité d'échange minérale est comprise entre 30 et 40 méq.

La Canne à sucre ne peut y venir et seul le Maïs y est cultivé.

Enfin signalons que le long des côtes existent des sables calcaires d'origine corallienne plantés en filaos.

L'Erosion.

A relativement peu de prise sur les sols de l'Ile Maurice. Les pentes y sont modérées et le sol est couvert presque toute l'année par la Canne à sucre qui lui assure une bonne protection, dont il n'est privé que pendant une courte période de l'année.

Utilisation des sols.

L'Ile Maurice vit depuis deux cents ans de la culture de la Canne à sucre. La production annuelle est de l'ordre de 400.000 tonnes. La superficie plantée est de 625 km² environ.

Plus de 80 % de la superficie est cultivée avec la variété M 134/32 qui résulte de sélections faites dans l'île même. La reproduction se fait par boutures ; chaque bouture produit pendant huit années. Il n'y a pratiquement jamais eu d'assolements.

Le maintien de la fertilité est assuré par l'apport d'engrais phosphatés, potassiques et azotés. Le fumier, rare par suite d'un cheptel très réduit, est peu employé. Les engrais verts sont peu pratiqués. Le stock de matière organique est renouvelé par la Canne elle-même. Le contrôle des besoins en éléments fertilisants se fait par le diagnostic foliaire. Les techniques (analytiques utilisées au laboratoire de la Sugar Industry Research Fund par

M. P. HALAIS, d'abord volumétriques, sont actuellement toutes colorimétriques (voir pp. 113 et 115).

La mise en culture de sols pratiquement squelettiques est actuellement entreprise grâce à des moyens mécaniques puissants (bull-dozers); les blocs de basalte sont déplacés et mis en tas ou en rangées entre lesquelles la Canne est plantée.

MÉTHODES APPLICABLES A L'ÉTUDE ANALYTIQUE DES SOLS

Dans les pages qui suivent, sont exposées un certain nombre de méthodes analytiques applicables à l'étude des sols — qui ont été ou sont utilisées à l'Ile Maurice —. Nous insistons particulièrement sur les déterminations colorimétriques. Nous y ajouterons deux méthodes rapides utilisées à Tsimbazaza, concernant le dosage du carbone organique et de l'azote total.

Un service de pédologie dans les régions tropicales se trouve placé devant un double problème :

— cartographier de vastes régions peu ou mal connues du point de vue pédologique ;

— donner les caractéristiques physico-chimiques des sols reconnus et étudiés morphologiquement.

Il se trouvera donc très rapidement en présence de plusieurs centaines d'échantillons, pour chacun desquels une dizaine de déterminations seront nécessaires. Des résultats analytiques, relativement nombreux, devront être obtenus, pour dégager une idée des principales propriétés des divers sols. Il n'est pas nécessaire que ces résultats soient obtenus avec la précision d'un travail de recherche théorique, l'échelle n'est pas la même, mais il faut qu'avec une précision suffisante ils puissent être obtenus rapidement. Il est moins important de connaître, par exemple, le *p*H d'un sol avec deux décimales, que celui de 20 à 25 sols même à 0,2 *p*H près.

Les méthodes d'analyse des sols comprennent essentiellement deux parties : l'extraction d'un ou plusieurs constituants, le dosage de ceux-ci.

1° *Extraction d'un constituant.* — Les méthodes d'extraction étant souvent conventionnelles, paraissent *a priori* fixes. On verra qu'il n'en est pas toujours ainsi, et que parfois de nouvelles méthodes d'extraction donnant des résultats voisins des méthodes classiques permettent de gagner un temps précieux.

D'autres techniques d'extraction doivent être modifiées en ce qui concerne les sols tropicaux (acide phosphorique assimilable par exemple).

2° *Dosage d'un constituant.* — Ici la plus grande liberté est laissée à l'analyste qui recourra aux méthodes qu'il connaît, ou qui lui sont possibles d'appliquer avec les moyens dont il dispose. Quatre modes d'analyse sont possibles : gravimétrie, volumétrie, colorimétrie, spectrographie.

Les méthodes par gravimétrie sont particulièrement longues et fastidieuses, et ne se prêtent qu'assez peu aux déterminations en grande série. Certains dosages ne peuvent être faits pour l'instant autrement de façon pratique (silice par exemple).

Les méthodes volumétriques représentent un grand progrès sur les premières et un certain nombre de déterminations doivent toujours être effectuées ainsi (l'azote total par exemple).

Un grand nombre d'éléments donnent des réactions colorées avec des substances minérales ou organiques. On peut comparer la couleur obtenue avec des étalons dont on mesure l'intensité.

Divers types de colorimètres existent dans le commerce. Le plus simple est celui inventé par Dubosq ; il a l'inconvénient d'exiger la préparation d'étalons qui se conservent souvent assez mal; de plus, les mesures se font à l'œil qui se fatigue vite. Il est préférable d'utiliser des colorimètres à une ou deux cellules photo-électriques. L'appareil Lumétron permet, grâce à des tubes calibrés, d'effectuer de nombreuses lecture très rapidement. L'appareil Jobin-Yvon (P. Meunier) est très sensible et peut rendre de précieux services dans un laboratoire de pédologie. Il permet de déterminer la capacité d'échange, le carbone organique, la magnésie, la potasse, l'acide phosphorique, le titane, le manganèse, le fer et dans certains cas, l'alumine. Il permet également le dosage rapide des principaux éléments des eaux de cases lysimétriques.

Enfin l'analyse spectrographique, en usage dans certains laboratoires américains et anglais, permet en une seule opération de déterminer plusieurs éléments à la fois. Elle constitue évidemment un progrès très considérable sur toutes les méthodes précédentes.

Marche à suivre dans l'étude analytique d'un sol.

La préparation de l'échantillon étant terminée (séchage, tamisage, etc.), il est souvent utile d'effectuer quelques déterminations qualitatives, qui seront suivies de dosages, si nécessaire. Elles concernent : les chlorures, les sulfates, les carbonates, le bioxyde de manganèse. Leur présence pourra modifier sensiblement certaines opérations ultérieures.

Une certaine quantité de sol sera broyé très finement pour permettre le dosage du carbone organique et de l'azote total, la perte au feu et la détermination des rapports SiO_2/Al_2O_3 et SiO_2/R_2O_3.

Il est recommandé de mener à peu près de front les deux premiers en commençant par l'azote de manière à être renseigné sur la teneur approximative en carbone de l'échantillon.

La plupart des déterminations se font sur un sol tamisé. Elles concernent : le *p*H, les propriétés physiques (granulométrie, perméabilité, plasticité, structure, teneur en eau, etc.). les propriétés chimiques (T, S, CaO, K_2O, P_2O_5, Humus).

I. — Déterminations qualitatives et si nécessaires quantitatives.

A. — Recherche et dosage de sels solubles. Agiter dans un tube à essai un peu de sol et d'eau ; filtrer. Rechercher Cl par le nitrate d'argent, SO_4 avec le chlorure de baryum. Si les précipités obtenus sont importants, faire un dosage.

1° On extrait à l'eau un poids connu de sol et on dose les chlorures avec une solution de NO_3 Ag N/50 en présence de chromate de potassium. Pour éviter toute dispersion du sol le traiter avec du chromate de potassium ou du sulfate d'alumine.

2° Pour extraire les sulfates, suivre la méthode de G. Bertrand et Silberstein, exposée dans Demolon (4).

B. — La présence de carbonates en quantité appréciable entraînera des modifications dans la conduite de l'analyse mécanique et dans le dosage de l'acide phosphorique assimilable. Les doser au calcimètre Bernard (4).

C. — Recherche du bioxyde de manganèse. Cet oxyde se rencontre dans un certain nombre de sols latéritiques. Il détermine la décomposition catalytique de l'eau oxygénée, lors du traitement du sol en vue de l'analyse mécanique. Pour le reconnaître, il existe divers procédés :

1° Dans un tube à essai, introduire un poids connu de sol et un volume connu d'eau oxygénée ; mesurer l'élévation de température. S'il y a de fortes quantités de MnO_2, elle peut être de 50°.

2° Mettre un peu de sol dans un tube à essai et l'attaquer avec de l'acide chlorhydrique pur. Si MnO_2 est présent, il y a dégagement de chlore qui brunit le papier ioduré.

II. — Déterminations a effectuer sur un sol broyé.

A. — Dosage du carbone organique.

Il est encore courant de trouver dans la littérature le dosage de la matière organique par calcination. Cette méthode doit être rejetée une fois pour toutes.

On peut doser le carbone par voie sèche. C'est la méthode qui donnera évidemment les meilleurs résultats. Elle nécessite un tube à combustion. Différents modèles existent dans le commerce. On pourrait très bien concevoir l'utilisation d'un appareil analogue à ceux employés dans l'industrie pour le dosage du carbone dans les aciers. Bien entendu, la dépense ne vaudra la peine que dans un territoire où il n'y a pas de sols calcaires.

Par voie humide, différentes méthodes ont été proposées par WALKLEY-BLACK (10), SCHOLLENBERGER (11), ANNE (12), etc... Elles sont toutes basées sur l'oxydation du sol par un mélange sulfo-chromique, suivie du titrage de l'excès de bichromate par le sel de Mohr. Ces techniques, qui doivent être suivies très fidèlement, ne donnent jamais la totalité du carbone. Il est nécessaire d'adopter un coefficient correctif. On peut également suivant GRAHAM (13) et CAROLAN (14) déduire de l'intensité de l'orangé du bichromate ou du vert du sel chromique formé au cours de la réaction, la quantité de carbone dans le sol.

Techniques proposées :

Volumétrie. — Suivre la technique préconisée par ANNE (12). Son taux de recouvrement est voisin de 97 %, beaucoup plus élevé que celui de WALKLEY-BLACK (77 %). On peut se rapprocher encore plus de 100 en ajoutant aux réactifs d'attaque un peu de sulfate d'argent. Si l'on ne dispose pas de diphenylamine, ajouter la quantité de sel de Mohr correspondant au bichromate et faire un titrage en retour par une solution de permanganate N/10.

$$1 \text{ cc. de } MnO_4K \frac{N}{10} = 0{,}3 \text{ mg de C (théorique)}$$

Colorimétrie. — Attaquer 0,5 à 5 gr. de sol suivant la technique de ANNE. Amener à 250 cc. et filtrer 25 cc. environ de liquide qu'on passe au colorimètre en utilisant un filtre rouge. Il est nécessaire de faire une courbe d'étalonnage avec des sols dont le titre en carbone a été déterminé par voie sèche. 40 dosages peuvent être facilement effectués en une journée.

Pour avoir la matière organique totale multiplier le chiffre de carbone obtenu par 1,724.

B. — DOSAGE DE L'AZOTE TOTAL.

L'azote est exprimé en azote total ; le temps qui s'écoule entre le prélèvement de l'échantillon et le dosage, étant parfois assez long, une partie de l'azote ammoniacal passe à l'état d'azote nitrique.

L'attaque du sol se fera suivant la technique de KJELDAHL, modifiée. Les nitrates seront transformés en dérivés nitrés au moyen d'un phénol (phénol ou acide salicylique). Ce dérivé nitré est ensuite réduit en amine par l'hyposulfite de soude. L'azote aminé est alors minéralisé normalement.

Il existe une série de catalyseurs dont on trouvera une liste dans BRUNEL (2) page 443. Ce sont les catalyseurs au sélénium qui permettent les attaques les plus rapides. Citons également celui de BEET et FURZEY (17) :

300 gr.	SO_4Na
50 gr.	SO_4Hg
10 gr.	Se

Broyer ce mélange. En prendre 5 gr. pour 10 cc. d'acide sulfurique.

L'utilisation de catalyseur sans mercure est préférable.

Divers procédés de distillation ont été préconisés. Le transvasement du liquide et le lavage du résidu suivis d'une distillation constitue une perte de temps appréciable. L'appareil de PARNAS-WAGNER pourrait y remédier, mais il ne saurait être mis entre toutes les mains. Il y a tout intérêt à effectuer la distillation à partir du matras où s'est faite l'attaque. Le meilleur appareil nous paraît être celui de MAUME, BOUAT et DULAC, utilisé à Maurice par P. Halais pour le dosage de l'azote dans les feuilles de Canne. Si l'on ne dispose pas d'un tel appareil, il est aisé d'en monter un assez voisin et très robuste. Celui utilisé à l'I. R. S. M. a déjà permis plus de 250 distillations consécutives.

Titrage. — L'ammoniaque dégagé est recueilli dans un récipient contenant de l'acide borique à 2 %. On titre l'ammoniaque au fur et à mesure de la distillation avec de l'acide N/140 en présence du colorant de Ma et Zuazaga.

Technique proposée (utilisée à l'I. R. S. M.).

1° Produits :

a = Acide sulfurique contenant 50 gr. d'acide salicylique par litre.
b = Hyposulfite de sodium.
c = Catalyseur.

SO_4Cu	10 gr.
SO_4K_2	50 gr.

d = Lessive de soude ou de potasse concentrée.
e = Indicateur de Ma et Zuazaga.

Vert de Bromocrésol à 0,1 % dans l'alcool.
Rouge de Méthyle à 0,1 % dans l'alcool.

Mélanger dans les proportions de 10 pour 2.

f = Acide borique à 2 %.
g = Acide chlorhydrique N/140.

2° Matériel :

A_1 = Réchauds à trois plaques munis d'un appui pour les matras.
B_1 = Matras de 300 cc. (30 si possible).
C_1 = Appareil de distillation à la vapeur (ballon de 2 litres servant de chaudière, matras interchangeable surmonté d'une boule de Kjeldahl, reliée à un réfrigérant descendant).
D_1 = Burette de 25 cc. (ou mieux burette à remplissage automatique).

3° Mode opératoire :

Introduire 1 gr. de sol dans le matras B_1, puis 5 cc. d'acide sulfurique A. Agiter pour bien humecter le sol (si l'échantillon est très argileux, le mouiller

avec le minimum d'eau). Ajouter par petites fractions 0.3 gr. d'hyposulfite B. Lorsque l'effervescence est terminée, introduire 0,2 gr. de catalyseur C. Porter sur le réchaud A_1. Lorsque l'attaque est terminée (1 h. 30 à 2 heures), retirer le matras du feu et le laisser refroidir.

Introduire dans le matras 10 cc. d'eau, puis 20 à 25 cc. de lessive de soude ou de potasse (vérifier l'alcalinité de la solution avec quelques gouttes de phénolphtaléine).

Adapter immédiatement le matras à l'appareil à distiller. Titrer l'ammoniaque au fur et à mesure du dégagement. Le distillat est recueilli dans 20 cc. d'acide *f* contenant 0,5 cc. de l'indicateur *e*.

Calculs :

Pour 1 gr. de sol N ‰ = (Nx — N°) 0,1

Nx = volume d'acide versé pour le dosage considéré.

No = volume d'acide versé pour les réactifs sans sol.

On peut faire une distillation toutes les 8 à 10 minutes. Il est essentiel d'assurer un chauffage énergique sous la chaudière.

C. — Détermination des rapports SiO_2/Al_2O_3 et SiO_2/R_2O_3.

Ces deux rapports fournissent d'utiles renseignements sur le degré de latéritisation d'un sol. On suivra la technique exposée par J. Bayens (5) qui consiste à attaquer le sol par un mélange triacide dont la composition est la suivante :

HCl.	2 parties
NO_3H.	1 —
SO_4H_2	4 —

On traite 1 gr. de sol avec 30 cc. de ce réactif dans une capsule de silice ; on chauffe au bain de sable jusqu'à disparition des fumées blanches. On rajoute 30 cc. du mélange triacide et on recommence. La masse blanche est reprise avec de l'acide chlorhydrique à 10 % chaud et on filtre. Le résidu est constitué par les minéraux non attaqués (surtout le quartz) et la silice des silicates. Le filtrat contient :

Fe_2O_3, Al_2O_3, TiO_2, MnO, P_2O_5 et les bases.

1° *Séparation de la Silice combinée.*

On calcine le filtre et on extrait de la silice avec une solution chaude de soude à 2 %. D'autres auteurs (2) recommandent une solution de carbonate de sodium à 5 %.

Dosage de la Silice :

a) Gravimétrie. — On acidifie la solution alcaline avec l'acide chlorhydrique. On évapore à sec au bain-marie. On reprend trois fois avec HCl 1/2.

On reprend avec quelques centimètres cubes d'acide chlorhydrique et de l'eau chaude. Après un quart d'heure, on filtre et on lave la silice jusqu'à ce que le filtrat ne donne plus de réaction au nitrate d'argent. Sécher le précipité, le calciner et peser.

$$SiO_2\ \% = p \times 100$$

b) Colorimétrie. — On peut faire un composé coloré $Si\ (Mo_2O_7)H_8$ avec du molybdate d'ammonium à *p*H 1,5 — 2,3.

2° *Dosages de* Fe_2O_3, TiO_2, P_2O_3, Al_2O_3 et MnO.

Dosage de MnO : On opère sur une prise séparée qu'on évapore à sec dans une capsule en présence d'acide sulfurique pour chasser les ions chlore. Sur le résidu, on dosera le manganèse :

a) Par volumétrie suivant la méthode de VOLHARD (3).

b) Par colorimétrie après transformation de MnO en Mn_2O_7. L'agent d'oxydation peut être soit le persulfate de potassium soit le périodate de potassium.

Dosage de P_2O_5 : Les teneurs en acide phosphorique étant généralement très faibles dans les prises d'essai, il y a intérêt à utiliser un dosage colorimétrique de P_2O_3, ou bien faire un dosage de P_2O_5 total à part (*cf*, p. 27).

Dosage de Fe_2O_3 : Le fer peut être dosé très rapidement par volumétrie — après réduction de $Fe_3{}^{+}$ en Fe^{2+} par le chlorure stanneux, on titre au permanganate (3), colorimétrie avec du sulfocyanure d'ammonium par la méthode de BASTISSE ou à l'o-phénanthroline.

Dosage de TiO_2 : Le titane doit être dosé colorimétriquement. L'addition d'eau oxygénée développe une coloration orangée. On suivra avantageusement la méthode de COLLIER (32).

Dosage de Al_2O_3 : On précipite à l'ammoniaque $P_2O_5 + Fe_2O_3 + TiO_2 + Al_2O_3$ qu'on pèse. L'alumine est alors obtenue par différence.

On pourrait également séparer l'alumine à la soude et doser Al_2O_3 dans la solution par une méthode connue (gravimétrie de PO_4Al, volumétrie de l'oxinate ou colorimétrie par aluminon ou alizarine).

III. — DÉTERMINATIONS A EFFECTUER SUR SOL TAMISÉ.

A. — *DÉTERMINATIONS PHYSICO-CHIMIQUES.*

La mesure du *p*H est l'une des déterminations les plus importantes. Elle s'obtient par deux groupes de méthodes : potentiométrique ou colorimétrique.

a) La détermination potentiométrique est la plus simple et la plus rapide à mener. On utilisera un potentiomètre à électrode de verre adapté pour les sols.

b) La détermination colorimétrique est exposée dans la plupart des traités. Signalons toutefois la technique de KUHN (18).

Dans un long tube à essai introduire :

2,5 cm. de gélobarine (pour usages radiologiques),
2,5 cm. de sol séché à l'air,
de l'eau distillée jusqu'à 10 cm.,
l'indicateur,
de l'eau jusqu'à 15 cm.

Boucher avec un bouchon de caoutchouc paraffiné. Agiter vigoureusement, immédiatement. Laisser reposer le tube verticalement. Faire une comparaison avec des disques de HELLIGE.

Remarques :

1° Pour avoir des couleurs comparables à celles des disques de Hellige, employer deux à trois fois les quantités d'indicateur indiquées plus bas.

2° Eviter que le sol soit seul en contact avec le colorant ; bien agiter pour assurer le contact avec la gélobarine.

3° S'arranger pour que la couleur soit à peu près au milieu de la zone de virage de l'indicateur choisi. Le Rouge de Méthyle est fortement absorbé par les sols, le bleu de bromothymol l'est un peu. On utilisera avantageusement les indicateurs suivants à leur place :

	Zone de virage
Rouge de Chlorophénol 0,5 cc.	4,6 à 7,0
Pourpre de Bromocrésol 1,0 cc.	5,2 à 6,8
Vert de Bromocrésol 1,0 cc.	3,6 à 5,8

B. — *DÉTERMINATIONS PHYSIQUES.*

Analyse granulométrique. Rien de particulier à signaler au sujet de cette détermination. On peut employer un dispersant quelconque pourvu qu'il soit efficace. La méthode pipette est à recommander.

Remarques : Lorsque le sol contient du bioxyde de manganèse, le traiter au préalable par du sulfite de soude ; s'il contient de fortes doses de sulfates, le lessiver à l'acétate d'ammonium.

Le *facteur de structure* de VAGELER-ALTEN (5) est utile à connaître pour les sols latéritiques ; BAEYENS (5) en fait un critère important dans l'estimation de la fertilité des sols du Bas-Congo. La teneur en eau au point d'adhésivité est sensiblement égale à la capacité de rétention du sol pour l'eau.

La *perméabilité* doit être mesurée de préférence sur le sol en place. On peut en faire la mesure au laboratoire. On place le sol dans un cylindre obturé vers le bas par une toile métallique. On renverse un tube fermé ou burette sur le sol et on mesure la quantité de liquide écoulé pendant un temps déterminé.

C. *DÉTERMINATIONS CHIMIQUES.*

1° DOSAGE DE L'HUMUS :

Il ne présente aucune difficulté pour l'exécution en série.

2° LA CAPACITÉ D'ÉCHANGE :

a) *La capacité d'échange totale* ou T donne la somme de cations que peut fixer un sol ; cette capacité est due à la partie organique et à la partie minérale du sol. Il est souvent utile de connaître la part qui revient à l'une et l'autre fraction. La capacité d'échange T se déterminera suivant la technique de PEECH (**19**).

Produits nécessaires :

(1) Acétate d'ammonium N neutre.
(2) Alcool neutralisé à l'ammoniaque.
(3) Solution à 10 % de NaCl, N/20 en acide chlorhydrique.

Mode opératoire. — Lessiver 25 gr. de sol avec la solution (1) sur le filtrat on déterminera S et les bases échangeables. Lessiver le sol avec 200 cc. d'alcool (2). Puis avec 250 cc. de la solution (3).

Sur une prise du troisième filtrat, on pourra doser l'ammoniaque par nesslérisation ou bien faire une distillation sur une partie aliquote. Titrer l'ammoniaque avec de l'acide N/10 :

$$1 \text{ cc. ac. } \frac{N}{10} \longrightarrow \frac{1}{10} \text{ méq.}$$

Avec 25 gr. de sol et en prenant une prise de 50 cc. sur 250 cc. Si n est le nombre de cc. d'acide N/10 versé :

$$\text{méq. pour 100 gr.} = 2 \times n$$

b) *La capacité d'échange minérale.* — On commence par détruire la matière organique suivant la méthode de COUTURE (**20**).

5 gr. de sol sont humectés avec 2,5 cc. environ de nitrate d'ammonium à 20 %. On place dans un creuset qu'on met dans un four à 250° pendant deux heures. On répétera l'opération avec la même quantité de nitrate d'ammonium.

Sur le sol ainsi traité, on déterminera la capacité d'échange.

Expressions des résultats :

Soit un sol présentant les caractéristiques suivantes :

Matière organique.	6,4 %
Argile.	44,0 %
Capacité d'échange totale.	21,9 méq. 100 gr.
Capacité d'échange minérale.	5,3 — —

On exprimera la capacité minérale par rapport à la fraction argile :

$$\frac{5,3 \times 100}{44} = 12$$

La capacité d'échange organique (21,9 — 5,3 = 16,6) par rapport à la matière organique :

$$\frac{16,6 \times 100}{6,4} = 256$$

P. Halais a remarqué qu'à l'Ile Maurice, les valeurs de la capacité d'échange organique ainsi calculées sont très voisines de 250. On peut donc se faire une idée de la capacité d'échange minérale sans détermination particulière à partir de teneurs en matière organique.

Il a remarqué également que le rapport $\frac{\text{C.E.M.}}{H_2O +}$ est assez voisin du rapport SiO_2/Al_2O_3 et permet pour les sols de l'Ile Maurice une bonne appréciation du degré de latéritisation.

Exemples :

	Sol de Richelieu (brun rouge)	Sol du Réduit (havane)	Sol de Sans-Souci (havane clair)
SiO_2/Al_2O_3	1,7	0,95	0,35
C.E.M..	19,6	12,3	7,5
H_2O+..	12,6	15,3	20,2
$\frac{\text{C.E.M.}}{H_2O +}$	1,55	0,71	0,37

Il serait intéressant d'évaluer ce rapport pour d'autres sols fermés à partir d'autres roche-mères et de voir si la généralisation est possible.

LES BASES ÉCHANGEABLES.

Détermination de S. — Il est possible de doser séparément CaO, MgO, K_2O et Na_2O. C'est long et fastidieux et pas toujours nécessaire.

On utilisera avantageusement la méthode de BRAY et WILLHITE (21) pour les sols ni calcaires ni gypseux. L'extrait à l'acétate d'ammonium obtenu dans la déterminaison de T est évaporé à sec dans un bécher de 600 cc. La matière organique est détruite avec un peu d'eau oxygénée. On termine par un chauffage sur une plaque de silice. On reprend les oxydes et les carbonates formés par une quantité connue d'acide N/10 dont on titre l'excès par de la soude N/10.

Si n est le nombre de cc. utilisés pour 25 gr. de sol :

$$S = n \times 0,4$$

Le dosage de la chaux ne se fera qu'en l'absence de carbonates et de gypse. On suivra une des méthodes connues de précipitation de l'oxalate de calcium et on exprimera CaO en méq.

Si le rapport $\frac{CaO}{S}$ est voisin de 75 %, on pourra considérer que la teneur en magnésie est normale et il n'y aura pas lieu de la doser.

Dosage de la magnésie.

Il existe de nombreuses méthodes de dosage de la magnésie tant gravimétriques, volumétriques que colorimétriques.

Parmi les plus intéressantes citons celles qui permettent de déterminer MgO en présence de fortes quantités de chaux :

— par volumétrie à la 8-hydroxyquinoléine (9) ;

— par colorimétrie par le Jaune Thiazol (9).

Si on a séparé la chaux, on pourra opérer à partir du phosphate ammoniaco-magnésien qu'on pourra titrer volumétriquement en présence de vert de bromo-crésol (22). Le précipité est filtré sur verre fritté recouvert de pulpe de papier, lavé à l'eau ammoniacale, puis à l'alcool et séché pour éliminer l'ammoniaque. On dissout le précipité dans de l'acide N/10 et on titre en retour avec de la soude $\frac{N.}{10}$ 1 cc. d'acide de $\frac{N}{10}$ correspond à 2,015 mg MgO.

On peut également introduire le précipité dans l'appareil à distillation servant au dosage de l'azote total, on ajoute quelques centimètres cubes de soude concentrée et on recueille l'ammoniaque qu'on dose avec ClH N/100.

On pourra également faire une colorimétrie de P_2O_5 dans PO_4HMg.

Dosage du potassium échangeable.

Dans la plupart des sols tropicaux les teneurs en potasse sont faibles ; il est souvent préférable de faire une extraction séparée en vue du dosage de cette base.

Méthodes volumétriques :

1° *Méthode volumétrique rapide de Volk-Truog* (22).

Réactifs nécessaires :

Acétate d'ammonium N à *p*H 6,8 (pour entraîner moins de matière organique).

Eau oxygénée : 30 cc. d'H_2O_2 à 30 vol + 2 cc. HCl ; on amène à 100 cc.

Soude caustique. Solution à 10 %.
Acide acétique. Solution à 1 %.
Cobaltinitrite : 30 gr. dans 10 cc. H_2O.
Permanganate de potassium N/20.
Acide oxalique N/20.
Amiante préparée par digestion dans l'acide nitrique au 1/10 avec un peu de permanganate jusqu'à coloration rose persistante, pendant vingt-quatre heures. Détruire l'excès de permanganate avec de l'acide oxalique. Laver à l'eau pour éliminer K.

Mode opératoire. — Introduire 30 gr. de sol dans un flacon de 1.000 cc. et 225 cc. d'acétate d'ammonium. Secouer cinq fois. On peut lancer une série de 12. Filtrer sur filtre sec. Recommencer avec 225 nouveau cc. d'acétate. Prélever 375 cc. du filtrat (= 25 gr. de sol). Porter dans un bécher de 600 cc. sur une plaque chauffante, concentrer par ébullition jusqu'à 50 cc. environ. Aller à sec sur la plaque à 60-65°, laver deux fois les bords à l'eau chaude.

Ajouter ensuite 5 cc. d'eau oxygénée pour décomposer la matière organique, puis quelques cc. de soude pour éliminer l'ammonium. Après refroidissement, ajouter 25 cc. d'acide acétique (vérifier qu'il n'y a plus d'ammonium avec le réactif de Nessler). Filtrer, prendre 20 cc. = 20 gr. ; refroidir à 10°. Ajouter 5 cc. du réactif au cobaltinitrite. Laisser reposer deux ou trois heures s'il y a plus d'un mg le K_2O, une nuit s'il y a moins d'1 mg. Filtrer sur goosch avec amiante ; laver le bécher avec de l'eau dont la température est inférieure à 10°. Enlever l'amiante et titrer au permanganate N/20 avec retour à l'acide oxalique N/20.

$$1 \text{ cc. } MnO_4K \frac{N}{20} \longrightarrow 0{,}39 \text{ mg. } K_2O$$

2° *Méthode volumétrique de Maume, Bouat et Dulac* :

Cette méthode a été utilisée en série par P. Halais pour le dosage de K_2O dans les feuilles de Canne (23).

Le cobaltinitrite de sodium et potassium est séparé sur microfiltre et introduit dans le matras Kjeldahl (*cf.* dosage N). Ajouter 0,15 gr. d'alliage de Dewarda et une ou deux gouttes de soude à 400 gr./litre. Adapter ce matras à l'appareil de distillation. Le groupement NO_2^- est réduit en NH_4^+ et l'ammoniaque est titrée avec ClH N/140 :

$$1 \text{ cc. } \frac{N}{140} \longrightarrow 0{,}12 \text{ mg. } K_2O$$

Pour 25 gr. de sol :

$$n \times 0{,}0048 = K_2O \text{ ‰}$$

MÉTHODES COLORIMÉTRIQUES.

1° *Méthode au dipicrylaminate de lithium* utilisée par P. Halais à l'Ile Maurice (**25**). Cette méthode qui convient bien pour le dosage de K dans les feuilles doit pouvoir également s'appliquer au dosage dans un extrait de sol.

Réactif au dipicrylaminate de lithium :

Carbonate de lithium	1.1 gr.
Dipicrylamine.	250 gr.
Eau distillée	6 cc.

Chauffer le mélange à 50°, abandonner 24 heures. Filtrer et amener le volume du filtrat à 1.000 cc. avec eau distillée. Chauffer de nouveau à 50° et ajouter des cristaux de dipicrylaminate de K préparés comme suit. Mélanger :

20 cc. d'une solution de SO_3K_2 à 10 gr./litre
50 cc. — CO_4Li_2 à 3.6/litre
1 gr. de dipicrylamine.

Laver le précipité formé avec l'eau distillée et s'en servir pour saturer le réactif.

Mode opératoire. — Verser sur l'évaporat de SO_4K_2, 2 cm² de réactif au dipicrylaminate mesurés à l'aide d'une microburette. Remuer et abandonner pendant trois heures. Prélever 0,4 cm³ du liquide surnageant à l'aide d'une micropipette sèche munie à son extrémité d'une rondelle de papier filtre maintenue par une bague de caoutchouc. Introduire la micropipette et son contenu dans un flacon de 150 cc. renfermant 100 cc. d'eau. Après avoir enlevé les micropipettes, on bouche les flacons et on rend le liquide homogène par retournement des flacons. On passe le liquide au colorimètre en utilisant un filtre vert-bleu.

2° D'autres méthodes permettent de préparer un colorant diazoïque à partir du *cobaltinitrite*. On peut également doser colorimétriquement le cobalt du cobaltinitrite et avoir le potassium indirectement.

3° Enfin signalons les méthodes rapides de BRAY (**26**) pour le dosage de la potasse échangeable des sols. Réactifs nécessaires :

a = Solution neutre de perchlorate de sodium ou de nitrate de sodium à 22 %.

b = Solution de cobaltinitrite.

c = Alcool éthylique à 95 % ou un mélange à parties égales d'alcools isopropylique et méthylique.

d = Formaldéhyde à 40 %.

Mode opératoire 1. — Peser 5 gr. de sol séché à l'air 8-10 jours, qu'on introduit dans un tube à essai de 18 × 100 mm. contenant 10 cc. du réactif *a*.

Agiter une minute et verser sur filtre sec. Mesurer 2 cc. du filtrat dans un tube à essai plus court 16,5 × 50 mm.

Ajouter 4 gouttes de formol et 6 gouttes du réactif *b*. Ajouter le long du tube 2 cc. du réactif *c* de manière à faire deux couches. Agiter doucement au début, puis plus rapidement pour mélanger les deux couches. Laisser reposer deux minutes.

Faire une mesure turbidimétrique avec un tableau spécial.

Mode opératoire 2. — On opère au photocolorimètre après avoir préparé des solutions standard. L'extraction est la même que précédemment. Refroidir le filtrat entre 16° et 23°. Mesurer 2 cc. du réactif *c* dans un tube sec ; 6 gouttes du réactif *b* ; agiter, on doit avoir un précipité jaune. Remplir une seringue médicale de 2 cc. en employant une aiguille modèle 18 avec le liquide d'extraction. L'introduire avec force au centre du mélange, en évitant de diriger le liquide sur le bord du tube.

Attendre 5 à 10 minutes que le précipité se soit développé et passer au colorimètre.

Dosage de l'acide phosphorique.

1° *L'acide phosphorique total* :

Une méthode rapide consiste à attaquer le sol par un mélange de chlorate de potassium et d'acide sulfurique. Le dosage de P_2O_5 sera fait colorimétriquement après séparation du fer.

Réactifs :

a = Chlorate de potassium cristallisé.
b = Acide sulfurique au 1/2.
c = Acide sulfurique 2N.
d = Acide chlorhydrique concentré.
e = Solution de B dinitrophénol.
f = Solution de ferrocyanure de potassium à 10 %.
g = Solution de sulfate de manganèse à 10 %.
h = Ammoniaque au 1/2.
i = Solution de Sulfocyanure de potassium N/50.
j = Solution de Bleu de Bromophénol.

Mode opératoire. — Dans un matras Kjeldahl de 300 cc. on introduit :

1 gr. de sol pulvérisé,
2 gr. de chlorate de potassium A.
cc. acide B.

On chauffe pendant 10 minutes, jusqu'à fin des vapeurs de SO_3. La masse devient verdâtre. On dilue et on amène à 100 cc. On prend 10 cc. de cette solution, et on mesure le nombre de cc. d'ammoniaque (*h*) nécessaires pour la neutralisation en présence de l'indicateur (*e*). On prend 10 autres cc. et on verse le nombre de cc. de (*h*) voulus sans (*e*). Puis : 2 cc. de HCl concentré *d*, on amène à 30 cc. et on laisse refroidir.

On ajoute graduellement :

5 cc. de ferrocyanure *f*
puis 5 cc. de sulfate de manganèse *g*

Neutraliser à l'ammoniaque jusqu'à coloration violette caractéristique. Ajouter alors 3 cc. d'acide sulfurique (*c*). Compléter avec de l'eau à 100 cc. ; homogénéiser et filtrer. Vérifier que la liqueur ne contient plus de fer au sulfocyanure (*i*) et qu'elle est acide avec l'indicateur (*j*). Faire un dosage colorimétrique sur cette solution (*cf.* technique page 119).

2° *L'acide phosphorique assimilable* :

Une étude récente de BIRCH (27) montre que la notion d'acide phosphorique assimilable doit être revisée en ce qui concerne les sols tropicaux riches en fer et en alumine et dont le *p*H est inférieur à 6. Au-dessous de cette valeur, l'acide phosphorique est absorbé par les hydroxydes et n'est plus déplaçable par les réactifs acides (TRUOG ou DYER). Ce qui ne signifie pas que P_2O_5 ne profite plus à la plante. A l'Ile Maurice, dont les sols sont riches en fer (jusqu'a 30 %), on ne trouve guère d'acide phosphorique assimilable par les réactifs acides ; cependant, la Canne à sucre répond aux engrais phosphatés, qui sont cependant insolubilisés immédiatement vis-à-vis de l'acide citrique.

Aux U. S. A., BRAY (8) utilise un réactif d'extraction au fluorure d'ammonium dans l'acide chlorhydrique. Les résultats obtenus ont été contrôlés par des essais agronomiques.

On peut utiliser également un réactif alcalin employé par DAS, WHITNEY et GARDNER. Il serait intéressant d'en étendre l'utilisation aux sols latéritiques et de comparer les résultats obtenus à ceux de la méthode citrique habituelle. Si les deux résultats sont faibles, on pourra conclure à la pauvreté du sol en P_2O_5. Si le réactif alcalin donne des résultats beaucoup plus forts que le réactif acide, on pourra penser que P_2O_5 ne manque pas totalement au sol.

Exposé de quelques méthodes d'extraction de l'acide phosphorique assimilable :

a) Méthode TRUOG :

2 gr. de sol sont extraits avec 400 cc. d'une solution de 3 gr. de sulfate d'ammoniaque dans l'acide sulfurique 0,002 N. On agite 30 minutes, filtre et prélève un volume déterminé pour la colorimétrie.

Cette méthode est rapide et donne des résultats très voisins de ceux obtenus par la méthode citrique, sauf pour les sols riches en matière organique, où ils sont plus faibles.

b) Méthode WHITNEY et GARDNER (29).

Réactifs :

a = Carbonate de potassium à 1 %.

b = Eau de brome saturée.
c = Acide chlorhydrique 4 N.
d = Sulfite de sodium à 10 %.
e = Soude N/2.
f = Phénolphtaléine.

Mode opératoire. — Dans une fiole conique de 100 cc., on introduit 1 gr. de sol et 75 cc. de la solution *a*. On porte à l'ébullition et on place au bain-marie bouillant pendant une heure en agitant quatre ou cinq fois. On laisse refroidir, on amène à 100 cc. et on filtre si la solution ne se décante pas bien. Prélever 10 cc. de cette solution dans un tube à essai et ajouter :

1 cc. d'eau de brome *b* et faire bouillir, puis
2,5 cc. de la solution *c*
0,5 cc. — *d*

L'extrait doit être clair ; refroidir, neutraliser avec *e* en présence de *f*. Si on dépasse le virage revenir avec une goutte ou deux de SO_4H_2 0,5 N. Faire la colorimétrie.

Dosage colorimétrique de P_2O_5 :

Si l'on a un extrait citrique, il importe avant la colorimétrie, de détruire l'acide citrique et de se débarrasser du fer. Deux techniques sont possibles :

a) Méthode au permanganate (WARREN et PUGH) (30).

Prendre 75 cc. d'extrait citrique à 1 % dans une fiole Kjeldhal de 300 cc. Ajouter 10 cc. d'acide chlorhydrique concentré, puis 12 cc. de permanganate de sodium à 20 % ou la quantité correspondante de permanganate de potassium solide. Laisser en contact 30 minutes, puis agiter et chauffer jusqu'à ce que la solution soit jaune clair sans précipité. Verser dans une fiole conique graduée à 100 cc. Précipiter le fer comme indiqué plus haut (inutile d'ajouter du sulfate de manganèse).

b) Méthode au persulfate d'ammonium.

Produits :

a = Persulfate d'ammonium à 10 %.
b = Acide sulfurique à 10 %.
c = Sulfite de sodium à 10 %.

Mode opératoire. — On prend 5 cc. de la solution citrique à 2 %, qu'on introduit dans une fiole en pyrex graduée à 100 cc. auxquels on ajoute 10 cc. de la solution *a* et 2 cc. de la solution *b*. On fait bouillir 30 minutes (le volume se réduit de 10 % environ), on ajoute à la burette 2 cc. de *c*, 1 goutte de phénolphtaléine et on neutralise avec l'ammoniaque au 1/2 jusqu'à coloration rose. Séparer le fer et faire la colorimétrie.

Technique de la colorimétrie :

Les solutions débarrassées d'acide citrique et de fer en moins d'une heure sont prêts pour la colorimétrie. Parmi les nombreuses techniques, nous en retiendrons deux :

1° Méthode au chlorure stanneux.

Réactifs :

a = 6,02 gr. d'acide molybdique anhydre dans 120 cc. d'acide sulfurique concentré. Chauffer et agiter pour dissoudre. Ajuster le volume à 800 cc.

b = 25 gr. de chlorure stanneux à $2H_2O$ dans 125 cc. d'acide chlorhydrique pur. amener à 1.000 cc. Mettre cette solution dans un vase de Mariotte. La recouvrir par 1 cc. d'huile de paraffine ; soutirer la solution par le robinet. Diluer de cinq fois avant l'emploi.

Mode opératoire. — A 15 cc. de solution phosphatée neutralisée, ajouter : 1 cc. de *a*, 0,2 cc. de *b*. Agiter, attendre 10 minutes, et passer au colorimètre.

2° Méthode à l'1-amino-2 naphtol-4 acide sulfonique ou de FISKE-SUBBAROW (utilisée par P. Halais à l'Ile Maurice) (31).

Il est important d'avoir une acidité de 1.0 1.8 N en SO_4H_2. Se placer aux environs de 1.3 N.

Réactifs :

a = SO_4H_2 à 10 %.
b = Solution aqueuse de Molybdate d'Ammonium à 5 %.
c = Réactif à l'acide sulfurique :

1-amino 2-naphtol-4-acide sulfonique	0.25 gr.
Métabisulfite de sodium	15 gr.
Sulfite de sodium.	3 gr.
Eau distillée.	725 cc.

Mode opératoire. — A une prise de 5 cc. de solution convenablement acidifiée, ajouter :

1 cc. de solution *b*, agiter ;
0.25 cc. de solution *c*. agiter ;

Attendre 30 minutes et passer au colorimètre.

Solution standard de phosphate :

0,1917 gr. de PO_4KH_2 dans 1.000 cc.
1 cc. = 0,0001 gr. P_2O_5

CONCLUSION

Toutes les méthodes qui viennent d'être exposées vont, à plus ou moins bref délai, être étudiées et mises en pratique au laboratoire de pédologie de l'I. R. S. M. Leur mise en œuvre demandera successivement :

— l'étude du dosage proprement dit,

— l'organisation du travail en vue du dosage en série en ce qui concerne les produits, l'outillage et la main-d'œuvre.

On pourra ainsi accroître dans de notables proportions le rendement du laboratoire en ce qui concerne les dosages courants à effectuer sur les échantillons prélevés pour l'établissement des cartes pédologiques.

De la sorte, le travail de cartographie pourra aller de pair avec des travaux de recherches auxquels on n'a pu jusqu'à présent donner la part qui leur revient.

BIBLIOGRAPHIE

Les sols de l'Ile Maurice.

(1) Craig (N.) et Halais (P.). 1946. — Données essentielles sur les sols de l'Ile Maurice. — *Rev. Agric. Ile Maurice.*

Le climat de l'Ile Maurice.

Herschenroder (M.). — La Pluie à l'Ile Maurice. — Maurice.

Le sucre a l'Ile Maurice.

Consulter les ouvrages de P. de Sornay :

1920. — La Canne à sucre à l'Ile Maurice. — Paris, Challamel.
1936. — Manuel de la Canne à sucre. — Maurice.
1941. — Le Climat et la Canne à sucre. — Maurice.

Les méthodes analytiques.

1° Traités généraux.

(2) Brunel (A.), 1949. — Traité Pratique de Chimie Végétale. — Tourcoing.

(3) Charlot (G.) et Bézier (D.), 1949. — Méthodes modernes d'analyse quantitative minérale. — Masson, Paris.

(4) Demolon (A.) et Leroux (D.), 1936. — Guide pour l'étude expérimentale du sol. — Gauthier-Villars, Paris.

(5) BAYENS (J.), 1936. — Les sols du Bas-Congo. — Bruxelles.

(6) LANGE (J.), 1947. — Analyse colorimétrique. — Dunod, Paris.

(7) MAUME (L.), DULAC (J.) et BOUAT (A.), 1934. — Dosage rapide et précis de N, P, K, Mg, Ca par semi micro-analyse. — *Ann. Ecole Nat. Agric. Montpellier*. 23, pp. 1-43.

(8) *Anonyme*, 1948. — Diagnostic techniques for soils and crops. — American Potash Institute, Washington.

(9) Laboratoire HOPKEINS et WILLIAMS, 1947. — Réactifs organiques en analyse minérale. — Dunod, Paris.

2° DOSAGE PARTICULIERS.

Carbone organique.

Volumétrie :

(10) WALKLEY (A.), BLACK (I. A.), 1934. — *Soil Sc.*, 37, pp. 29-38.

(11) SCHOLLENBERGER (C. J.), 1945. — *Soils Sc.*, 45, pp. 53-57.

(12) ANNE (P.), 1945. — *Ann. Agron.*, p. 161.

Colorimétrie :

(13) GRAHAM (E. R.), 1948. — *Soil Sc.*, 65, pp. 181-5.

(14) CAROLAN (R.), 1948. — *Soil Sc.*, 66, pp. 241-8.

Azote :

(15) HALAIS (P.), 1947. — *Rev. Agric. Ile Maurice*, 26, pp. 12-33.

(16) HALAIS (P.), 1948. — *Rev. Agric. Ile Maurice*, pp. 100-112.

(17) BEET et FURZEY, 1936. — *J. Soc. Chem. Ind.*, p. 108.

Rapport Silice/Alumine :

Consulter les ouvrages de BAYENS et BRUNEL déjà cités.

*p*H :

(18) KUHN (S.), 1930. — Z. *Pflanz. Düng*, 18, A, pp. 309-314.

Facteur de structure :

Consulter ouvrages de BAYENS et BRUNEL.

Détermination de T :

(19) PEECH (M.), 1945. — *Soil Sc.*, 59, pp. 25-38.

(20) COUTURE, 1930. — *Ann. Agron.*, p. 91.

Détermination de S :

(21) BRAY (R.) et WILLHITE (L.), 1929. — *Ind. Eng. Chem.* (*Anal. Ed.*), 1, 144.

Dosage de la Magnésie :

Consulter l'ouvrage de CHARLOT et BÉZIER.

(22) *Journal of A. O. A. C.*, Vol. 32, 1, p. 139.

Dosage de la potasse :

Volumétrie

(23) VOLK-TRUOG, 1934. — *J. Amer. Soc. Agron.*, 26, 537.

(24) HALAIS (P.), 1947. — *Rev. Agric. Ile Maurice*, 26, 12-33.

Colorimétrie :

(25) HALAIS (P.), 1948. — *Rev. Agric. Ile Maurice*, pp. 100-112.

(26) BRAY (R.). — Diagnostic techniques for soils and crops. — Washington.

Dosage de l'acide phosphorique :

(27) BIRCH, 1948. — Proceedings of first commonwealth conference on tropical and subtropical soils. — Harpenden.

(28) BRAY (R.). — Diagnostic techniques for soils and crops.

(29) WITHNEY et GARDNER, 1936. — *Soil Sc.*, 41, 33-34.

(30) WARREN PUGH, 1930. — *J. Agric. Sc.*, 20, 532-40.

(31) HALAIS (P.), 1948. — *Rev. Agric. Ile Maurice*, pp. 100-112.