

M. 24

MÉMOIRES DE L'INSTITUT SCIENTIFIQUE DE MADAGASCAR

Série D — Tome III — Fascicule 1 — 1951

ÉTUDE DES SOLS DE LA STATION DES QUINQUINAS  
(Montagne d'Ambre)

par

P. SÉGALEN.

L'étude des sols de la station des Roussettes à la Montagne d'Ambre a été entreprise fin 1949, à la demande du Service des Eaux et Forêts, afin d'établir si les sols étaient favorables à la culture des Quinquinas. En même temps, nous avons pu étudier rapidement des sols du poste forestier de Sakaramy.

Tous nos remerciements s'adressent à M. l'Inspecteur des Eaux et Forêts Serrado et à M. le Contrôleur principal Lemoine qui nous ont prêté le plus entier concours pendant notre travail.

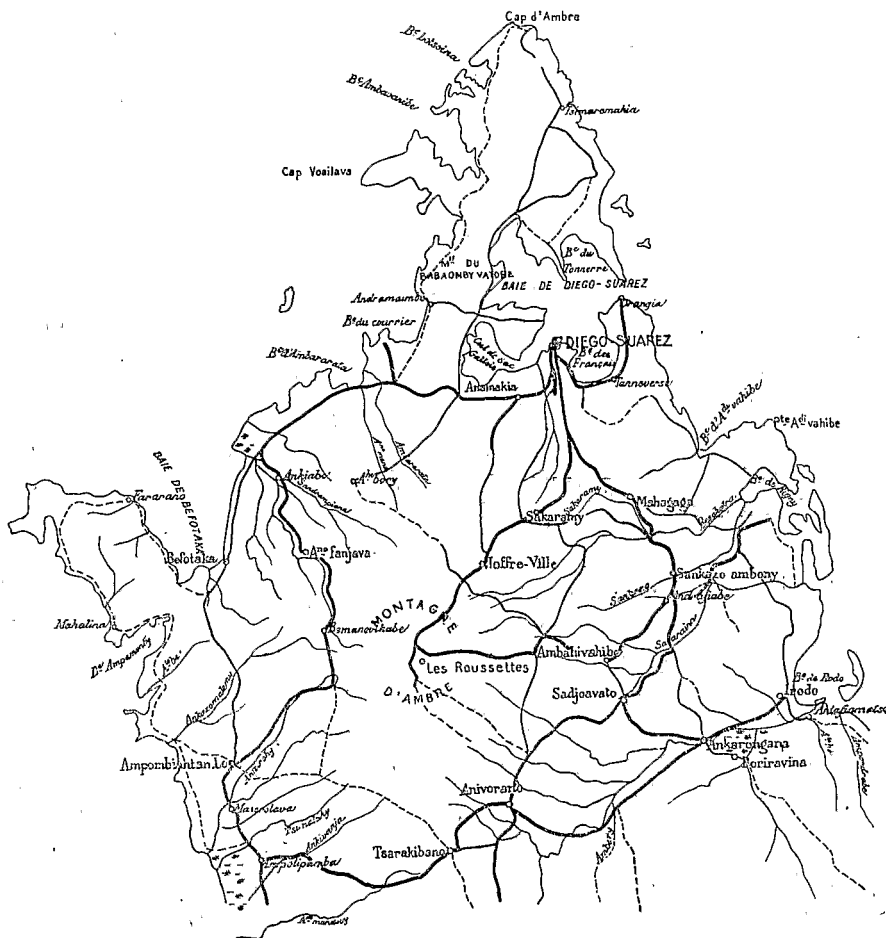
LA RÉGION

La station des Quinquinas se trouve à une quarantaine de kilomètres de Diégo-Suarez au sud de Joffreville, et à proximité du sommet du massif d'Ambre. Celui-ci a une forme à peu près conique. La partie supérieure comprend des puys, des cratères et constitue un ensemble assez tourmenté ; la partie inférieure est formée des longues coulées volcaniques issues de cratères situés au sommet du massif ou en contre-bas de celui-ci (Lac Mahery par exemple).

La géologie du massif a été étudiée par BARON, LACROIX et surtout P. LEMOINE. Ces auteurs ont reconnu que l'ensemble est constitué de tufs et de coulées volcaniques. La roche la plus fréquente est un basalte, avec assez rarement des trachytes et des rhyolites. Le sous-sol de la station des Roussettes est constitué essentiellement de cendres peu cimentées ; le basalte n'y apparaît qu'occasionnellement, surtout à la faveur des cours d'eau.

La montagne d'Ambre, par son altitude au voisinage de la mer et surtout par sa couverture forestière, constitue un condensateur d'humidité. De nombreux cours d'eau y prennent naissance et se dirigent en rayonnant vers la mer.

Le climat de la station des Quinquinas est caractérisé par une forte pluviosité, dont la plus grande partie tombe de novembre à avril. Pendant la saison fraîche, la pluviosité y est encore assez élevée, ce qui fait qu'il n'y



Région de Diégo-Suarez.

Echelle au 1:500.000<sup>1</sup>

a pas de saison véritablement sèche. De plus la nébulosité y est très forte. Les données concernant la température ne sont pas connues ; vu l'altitude et la forte pluviosité, on peut penser avoir 6 ou 7 degrés de moins qu'à Diégo-Suarez. L'indice de DE MARTONNE doit être voisin de 35, le quotient de MEYER de 250. Voici les données climatiques essentielles :

Pluies en mm.	Nov. à avr.	Mai à oct.	Total	Mois le plus humide	Mois le plus sec
Diégo-Suarez.....	850	38	888	Janvier 273	Sept. 1
Roussettes.....	2.136	428	2.564	Février 628	Sept. 23

Température	Moyenne en saison chaude	Moyenne en saison fraîche	Moyenne annuelle
Diégo-Suarez .....	27,9	25,9	26,9
Roussettes .....	22	20	21

Ces chiffres montrent la très nette différence de climat existant entre Diégo-Suarez et les Roussettes. A mesure que l'on monte de la mer, la pluviométrie augmente et la température diminue. Sakaramy, à 245 m., doit avoir un climat voisin de celui de Diégo-Suarez, mais déjà plus humide.

Du point de vue de la végétation, PERRIER DE LA BATHIE a placé la région de Diégo-Suarez dans le domaine occidental. La montagne d'Ambre, par son climat et ses caractères floristiques, appartient au contraire au domaine central. En effet, aux Roussettes on trouve une grande futaie où les épiphytes (Fougères, Orchidées, Mousses et Lichens) sont très abondants. Parmi les espèces arborées, on note les genres *Dombeya*, *Dracaena*, etc...

A Sakaramy, dont le climat est beaucoup plus sec, les arbres sont plus bas, à feuilles caduques et les Légumineuses sont nombreuses, avec les genres suivants : *Dalbergia*, *Acacia*, *Albizzia*, *Tamarindus*. Cette forêt est attaquée par les feux et remplacée par des *Sclerocarya caffra*, *Albizzia lebeck*, des buissons, etc. Dans la strate herbacée, on note *Imperata arundinacea*, *Cymbopogon rufus*.

## LES SOLS

Lorsque l'on quitte Diégo-Suarez pour se rendre aux Roussettes, on est frappé par les différences que présentent les sols. Jusqu'aux abords de Joffreville, le sol formé à partir de basaltes est rouge à rouge foncé. Vers Joffreville, le sol est tantôt rouge, tantôt brun ; lorsque l'on a dépassé les environs du Pic Badens, le sol est uniformément brun. Les sols de la station des Quinquinas sont du dernier type ; ceux du périmètre de Sakaramy appartiennent au premier.

### A. — LES SOLS BRUNS DES ROUSSETTES

Ces sols occupent toute la superficie du périmètre, les zones planes comme les pentes.

#### MORPHOLOGIE.

On peut distinguer les horizons suivants :

1) Un horizon organique noir épais de 25 à 30 cm. Les cinq premiers

centimètres sont constitués de débris végétaux divers (feuilles, brindilles, etc.) en voie de décomposition. Cet horizon est meuble, grumeleux.

2) *Un horizon brun-clair à brun-chocolat* épais de 1 à 1,8 m. On peut y distinguer quelques fragments de roche non décomposée (blocs scoriacés ou cendres). La structure de cet horizon, et ceci en fait une de ses caractéristiques essentielles, est granuleuse ; ce qui le rend meuble et perméable.

3) *Les fragments de roches et de cendres* deviennent de plus en plus nombreux et on passe assez vite à la roche-mère, formée de cendres non cimentées, dont la stratification est bien visible.

#### PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES.

1) *Réaction.* — Ces sols sont nettement acides. Dans l'horizon organique de surface, le pH est voisin de 5,6. Il s'abaisse dans l'horizon brun avec 5,2 pour remonter légèrement au voisinage de la roche-mère où l'on atteint 5,7.

2) *Granulométrie.* — L'argile est l'élément dominant dans l'horizon de surface (30 à 50 %) ; dans l'horizon brun, le limon l'emporte nettement sur l'argile. Au voisinage de la roche-mère, c'est la fraction sableuse qui est la plus importante. L'examen de cette fraction montre qu'elle est constituée de petits fragments de cendres.

3) *Matière organique.* — Les teneurs en matière organique sont très élevées dans ces sols, surtout dans l'horizon de surface où l'on atteint parfois 20 %. A 50 cm., dans l'horizon brun, l'on a encore 1 à 4 %. Il est assez probable que c'est à cette matière organique qu'est due la coloration brune du sol ; lorsqu'on calcine un échantillon, il devient rouge, un échantillon de cendres volcaniques calciné reste brun. Rappelons que près de Morondava, sous forêt trophile, l'horizon humifère ne titre qu'entre 1 à 2 % de matière organique.

L'humus extrait à l'oxalate d'ammonium est relativement faible, on ne dépasse guère 2,5 ‰. De manière à avoir des points de comparaison avec les résultats obtenus par MOHR à Java, la « matière noire » a également été dosée. Les chiffres varient entre 1 et 4 %.

4) *Le complexe absorbant.* — Les teneurs en bases échangeables sont particulièrement élevées dans les horizons de surface. La chaux est très élevée, avec des valeurs comprises entre 5 et 7 ‰. La magnésie est voisine de 0,8 ‰ et la potasse de 0,4 ‰. Ces valeurs sont rarement atteintes à Madagascar, même dans des sols forestiers. Dans l'horizon brun sous-jacent, les teneurs en chaux tombent très vite au-dessous de 1 ‰ et la potasse au-dessous de 0,1 ‰. La magnésie reste assez forte (0,3 à 0,6 ‰). A proximité de la roche-mère, les chiffres obtenus sont identiques.

La capacité d'échange est toujours très élevée dans l'horizon organique (30 à 50 méq./100 gr.) ; dans l'horizon brun, et au voisinage de la roche-mère, elle est comprise entre 20 à 30 méq./100 gr.

5) *L'acide phosphorique assimilable.* — Malgré la forte acidité des sols, l'acide citrique extrait des quantités appréciables d'acide phosphorique. L'horizon humifère n'en contient que 0,01 ‰ environ ; l'horizon brun, 0,05 ‰. Au voisinage de la roche-mère, les teneurs dépassent 0,1 ‰.

L'acide phosphorique total, par contre, est toujours élevé et compris entre 0,4 et 0,9 %. Des teneurs analogues avaient été obtenues par MUNTZ et ROUSSEAU pour tous les échantillons provenant de la montagne d'Ambre. Ceci est dû à la nature de la roche-mère. Les réserves sont donc importantes ; mais vu les fortes teneurs en fer et en alumine, il est difficile de dire si celles-ci peuvent être mises facilement à la disposition des plantes.

6) *Éléments totaux, rapports Silice/Alumine et Silice/Hydroxydes.* — Les teneurs en  $Fe_2O_3$  et  $Al_2O_3$  sont sensiblement du même ordre, 20 à 25 %, et sont assez constantes. Le titane est compris entre 1 et 2,5 %.

L'examen du rapport Silice/Alumine montre que :

- a) dans l'horizon humifère, les valeurs obtenues varient entre 1 et 1,3 ;
- b) dans l'horizon brun, les valeurs sont sensiblement plus faibles : 0,5-0,7 ;
- c) à la proximité de la roche-mère, les valeurs obtenues sont plus élevées : 1 à 2.

Les valeurs du rapport Silice/Hydroxydes sont respectivement 0,6-0,3 et 0,8.

Comme l'examen des données météorologiques permettait de le prévoir, ces chiffres montrent bien que l'on a affaire à des sols latéritiques. Il y a eu un important départ de silice, un léger enrichissement en alumine. Malgré des valeurs du rapport Silice/Alumine aussi bas, il semble bien que l'on ait ici des sols relativement jeunes.

En effet, la grande fraîcheur des appareils volcaniques du voisinage fait penser que les cendres sont d'origine toute récente, géologiquement parlant.

La profondeur du sol, malgré le peu de cohésion de la roche-mère, est faible ; la perméabilité du sol assure cependant une pénétration facile de l'eau et l'infiltration de la matière organique. La teneur en bases et le degré de saturation sont particulièrement élevés, mais uniquement dans l'horizon humifère. La roche-mère est à faible profondeur ; les bases libérées par les processus de décomposition le sont à proximité de la zone des racines. Par les solutions du sol elles passeront dans les végétaux qui les restitueront au sol où elles s'accumuleront temporairement dans l'horizon organique. Les eaux atmosphériques et le gaz carbonique en dissolvent certainement une grande partie qui est entraînée en profondeur et définitivement perdue. C'est pourquoi l'horizon brun intermédiaire contient très peu de bases.

Un sol formé à partir d'un gneiss beaucoup plus ancien est souvent profond de 30 mètres environ ; la zone de départ est pratiquement hors d'atteinte des racines et les bases libérées par la décomposition des minéraux sont définitivement perdues. L'horizon de surface, aussi riche en matière

organique que ceux de la montagne d'Ambre, est extrêmement pauvre en bases. S, au lieu de valoir 20 à 30 méq., n'est plus que de 2 ou 3 méq./100 gr.

On peut rapprocher les sols bruns des Roussettes de certains sols dérivés de roches volcaniques de la zone intertropicale. A Hawaï, les sols décrits par CLINE sous le nom de « Humic latosol » et cités par KELLOGG ; à Fiji certains sols décrits par BLACKIE ; à Maurice, les sols havanes de Plaisance décrits par CRAIG et HALAIS ont des propriétés physico-chimiques assez voisines.

En différents endroits en dehors de la zone étudiée, nous avons pu noter un type de sol différant morphologiquement du précédent. Il s'agit d'un sol plus épais et présentant au-dessous de l'horizon brun un horizon rouge.

Voici une coupe notée au bord de la route qui relie les Roussettes à Joffreville :

0-30 cm. brun à brun foncé de structure grumeleuse.

30-90 cm. brun-clair à jaunâtre de structure grossièrement prismatique formant des blocs assez durs.

90-120 cm. horizon brun rougeâtre formant transition avec le suivant.

120-200 cm. rouge foncé compact avec de nombreux morceaux de roche altérés.

200-250 cm. violacé très meuble avec de nombreux morceaux de roche altérés.

La roche-mère n'est pas visible, mais il s'agit probablement d'un basalte. Un profil semblable a été noté au voisinage du col des Fougères. Il n'a pas été prélevé d'échantillons de ce type de sol.

Enfin, l'érosion joue peu sur ces sols malgré des pentes souvent assez fortes par suite du maintien de la forêt. La plupart des plantations de Quinquina sont installées sur des zones à peu près planes. Celles qui le sont sur des pentes ne paraissent pas avoir à souffrir de l'érosion.

#### B. — LES SOLS ROUGES DE SAKARAMY

Sakaramy est situé entre Diégo-Suarez et Joffreville à 250 m. d'altitude environ. La pluviométrie doit être légèrement plus élevée qu'à Diégo-Suarez et la température à peu près du même ordre. Les sols dérivent de l'altération de basaltes. Le profil est simple :

Un horizon humifère brun noirâtre peu épais.

Un horizon rouge à rouge très sombre, argileux compact sans différenciation morphologique jusqu'à la roche-mère, basalte qui s'altère en grosses boules.

PROPRIÉTÉS PHYSICO-CHIMIQUES. — Le pH est acide et se tient aux environs de 6 en surface comme en profondeur.

GRANULOMÉTRIE. — La fraction fine est la plus abondante : 30 à 50 % d'argile et 20 à 30 % de limon.

MATIÈRE ORGANIQUE. — La matière organique totale est relativement élevée en surface : 3 à 4 %. En profondeur, les teneurs sont encore appréciables. L'humus est faible ; l'azote élevé.

LE COMPLEXE ABSORBANT. — Les teneurs en bases échangeables sont assez faibles. La chaux dépasse 1 ‰ en surface et reste voisine de 0,8 ‰ en profondeur. La potasse est faible partout. La capacité d'échange est de l'ordre de 9 méq./100 gr. en profondeur.

L'acide phosphorique assimilable est très faible ou nul.

L'acide total est compris entre 0,1 et 0,4 %.

ÉLÉMENTS TOTAUX. — Les teneurs en fer et alumine sont du même ordre que les sols des Roussettes ; la silice par contre est nettement plus élevée. Le rapport Silice/Alumine est voisin de 1,8.

L'érosion est très active sur ce type de sol. Les pentes sont assez douces, mais les raynements très nombreux.

### LA QUESTION DES QUINQUINAS

Le Service des Eaux et Forêts de Madagascar a créé aux Roussettes des plantations de Quinquinas destinées à fournir à l'île une partie sinon la totalité des médicaments antimalariques dont elle a besoin. Deux espèces ont été plantées : *Cinchona succirubra* destiné à fournir le totaquina (quinine plus un certain nombre d'autres alcaloïdes) et *Cinchona ledgeriana* dont l'écorce est sensiblement plus riche en quinine.

L'aspect des plantations, la rapidité de croissance des arbres, semblent indiquer que les conditions de climat et de sols leur sont très favorables.

On sait qu'à Java, surtout dans la partie occidentale, d'importantes plantations de *Cinchona* ont été entreprises avec succès.

MOHR dans son traité « Soils of equatorial regions » indique que les conditions les plus favorables pour la culture de cet arbre sont les suivantes (1) :

Altitude 800 à 1.000 m. ; climat pluvieux, sans période sèche réelle ; sous-sol : cendres volcaniques basiques.

En ce qui concerne les sols, les caractéristiques les meilleures sont les suivantes :

1) Teneurs assez élevées en sables, formés essentiellement de grains de cendres, qui constituent une précieuse réserve minérale.

2) Bonne structure physique qu'il nomme « mountain granulation » qui permet une pénétration facile de l'eau et une aération convenable du sol.

3) Forte teneur en matière organique : 10 % environ ; elle doit être

(1) SANDS indique des conditions analogues.

suffisamment décomposée pour que la teneur en matière noire soit de l'ordre de 20 à 40 %.

4) Des teneurs convenables en acide phosphorique assimilable ; teneur en chaux élevée.

5) pH compris entre 5 et 6 avec optimum de 5,6.

6) Degré de saturation de 80 %. Une valeur aussi forte ne peut être obtenue qu'avec des sols très jeunes : cela est possible à Java où de nombreux volcans sont encore en activité ; à Madagascar il n'y a plus aucune manifestation volcanique actuelle.

Toutes ces conditions paraissent assez bien remplies aux Roussettes. L'altitude, le climat et le sous-sol sont les mêmes. En ce qui concerne les sols, le « brown lixivium » de MOHR paraît identique aux sols bruns des Roussettes. Les propriétés physico-chimiques sont très voisines ; le tableau suivant le met en évidence :

	pH	Structure physique	Matière organique totale	Matière noire	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.	Degré de satur. (1)	CaO échang.
Java	5,6	Mountain granulation	10 %	Minimum de 3,5 %	Pas de val. indiq.	80 %	Pas de valeur indiq.
Roussettes	5,6	id.	11 %	1 à 4 % à 25 cm.	Faible en surf. Moyen en prof.	50 %	Très forte

Toutes ces données montrent que les sols des Roussettes sont aptes à faire de très bons sols à Quinquinas.

## CONCLUSION

L'étude que nous avons faite montre qu'il existe à la montagne d'Ambre au moins deux types de sols :

a) Aux Roussettes, un sol brun dérivé de cendres basaltiques, présentant une bonne structure physique, une richesse certaine en matière organique, azote et acide phosphorique. La chaux et la potasse sont très élevées dans l'horizon humifère. Le rapport Silice/Alumine est inférieur à 1.

Ces sols, analogues à certains types de Java, sont très favorables à la culture des Quinquinas. Les conditions du sol sont à peu près identiques dans toutes les parcelles en ce qui concerne le profil et les propriétés physico-chimiques. Si un bon drainage est assuré, là où il est naturellement insuffi-

(1) La valeur indiquée pour le degré de saturation est obtenue sans tenir compte de la soude échangeable qui n'a pas été dosée. Il est probable qu'aux Roussettes, les valeurs sont donc un peu plus fortes.



sant, si les brise-vent sont efficaces, les inégalités du comportement des arbres ne semblent pas devoir être attribuées au sol, mais plutôt à des déprédateurs ou à des maladies.

b) A Sakaramy, un sol rouge à rouge foncé de structure compacte. Les teneurs en matière organique, azote et acide phosphorique y sont moyennes, en bases échangeables faibles. Le rapport Silice/Alumine de 1,8 indique une latéritisation peu avancée. L'érosion y est très active.

## ANNEXE

### I. — MÉTHODES ANALYTIQUES

Les échantillons prélevés ont été analysés au laboratoire de Pédologie de l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar à Tananarive. Les techniques utilisées sont les mêmes que dans les précédentes publications.

Le pH a été déterminé colorimétriquement.

Le carbone total d'après la technique GRAHAM.

L'humus suivant celle de CHAMINADE.

La « matière noire », par extraction à la soude.

L'acide phosphorique assimilable, par l'acide citrique à 2 %.

Les bases échangeables, par lessivage à l'acétate d'ammonium N.

Les éléments totaux, après attaque du sol par le réactif triacide de BAEYENS.

### II. — DESCRIPTION DES PROFILS ET LIEUX DE PRÉLÈVEMENTS

Tous les échantillons ont été prélevés dans les périmètres des Roussettes ou de Sakaramy.

#### A. — LES ROUSSETTES

Deux séries de parcelles, la première à 1.100 m. au plateau du « kilomètre 2 » ; la deuxième à 1.000 m. à proximité de la pépinière et du village.

##### I. — « Kilomètre 2 ».

**Profil A 1.** — Sol non cultivé. Défrichement de la forêt primitive en vue de l'installation d'une nouvelle plantation. Terrain faiblement ondulé.

0-5 cm. noir à brun-noirâtre très grumeleux.

5-200 cm. brun-chocolat, structure granuleuse ; à peine plus foncé sur les 50 premiers centimètres ; quelques petits grains de cendres dans tout le profil. La roche-mère n'est pas atteinte à cette profondeur.

Prélèvements :

A 11 25 cm.

A 12 90 cm.

A 13 180 cm.

**Profil A 6.** — Sol planté de *Cinchona succiruba* de 1948. Bonne végétation. Terrain faiblement ondulé.

0- 30 cm. brun à noirâtre grumeleux.

30-115 cm. brun à brun foncé, granuleux.

115 cm. et au-dessous cendres volcaniques.

Prélèvements :

A 61 0-10 cm.

A 62 40 cm.

A 63 80 cm.

A 64 125 cm.

2. — *Environs du village.*

**Profil A 2.** — Limite de la forêt et de la parcelle dite « militaire ». Pente assez forte. *Cinchona succiruba* plantés en quinconce et paillés.

0- 20 cm. noir grumeleux.

20-230 cm. brun assez clair ; structure granuleuse ; quelques fragments de cendres et de blocs scoriacés, peu à pas altérés, dans la masse.

230 cm. et au-dessous cendres volcaniques brun à grisâtre.

Prélèvements :

A 21 0-10 cm.

A 22 60 cm.

A 23 160 cm.

A 24 230 cm.

**Profil A 3.** — Parcelle des « Pionniers ». *Cinchona succiruba* sous ombrage de grands arbres de la forêt laissés sur place. Replat où le drainage s'effectue mal en certains endroits.

0-18 cm. brun foncé, grumeleux.

18-71 cm. brun à brun chocolat, frais très meuble.

71 cm. et au-dessous cendres volcaniques gris-brun ou violacé en lits successifs séparés par des niveaux de sols brun.

Prélèvements :

A 31 0-10 cm.

A 32 45 cm.

A 33 100 cm.

Parcelle du « Village ». Deux trous ont été creusés dans cette parcelle : le premier dans un endroit où les Quinquinas avaient mauvais aspect, le second où ils avaient belle apparence.

Zone plane séparée de la parcelle précédente par un ruisseau.

**Profil A 4.** — *C. succiruba* en mauvais état.

0- 30 cm. Brun foncé à noir, grumeleux avec quelques racines.

30-150 cm. Brun structure granuleuse.

150-200 cm. et au-dessous cendres stratifiées brun à violacé.

## Prélèvements :

- A 41 0-10 cm.
- A 42 50 cm.
- A 43 120 cm.

**Profil A 5.** — *C. succirubra* en bon état. Identique au précédent ; la profondeur du sol est de 80 cm. seulement.

## Prélèvements :

- A 51 0-10 cm.
- A 52 25-30 cm.
- A 53 50-60 cm.
- A 54 80-90 cm.

Les trous creusés dans les autres parcelles montrent des profils analogues.

## B. — SAKARAMY

**Profil A 7** noté dans la pépinière. Bas-fond à proximité d'un ruisseau.  
0-40 cm. brun foncé très sec très grumeleux, grosses fentes longitudinales.  
40-200 cm. rouge à rouge foncé, légèrement humide, vers 100 cm. structure compacte ; vers 200 cm. quelques fragments de basalte altéré.

## Prélèvements :

- A 71 0-10 cm.
- A 72 80-90 cm.
- A 73 190 cm.

**Profil A 8.** — Zone relativement plane à proximité du village forestier.

0- 10 cm. brun noirâtre.  
10-100 cm. rouge foncé avec fentes longitudinales, compact devenant facilement grumeleux sous la main ; très sec.

100-200 cm. même couleur, pas de fentes, très sec.

La roche-mère n'est pas atteinte ; c'est un basalte visible aux alentours.

## Prélèvements :

- A 81 0-10 cm.
- A 82 50 cm.
- A 83 100 cm.
- A 84 150 cm.
- A 85 200 cm.

## III. — RÉSULTATS ANALYTIQUES

	A 11	12	13	A 61	62	63	64
Profondeur . . . . .	0,25	0,90	1,80	0,10	0,40	0,80	1,25
<i>Détermination :</i>							
pH. . . . .	4,6	4,1	4,8	5,3	5,3	5,2	5,4
<i>Granulométrie :</i>							
Terre fine % . . . . .	100	99,9	100	95,0	95,0	96,3	85,4

Sable grossier . . . . .	2,42	3,72	12,47	4,16	22,18	15,44	15,91
Sable fin . . . . .	6,33	10,33	27,00	11,40	24,62	23,22	43,64
Limons . . . . .	14,90	24,07	23,00	31,42	34,05	41,83	20,30
Argile . . . . .	56,25	48,80	25,45	29,35	9,05	9,42	8,37
Humidité 105°. . . . .	13,80	11,09	11,32	14,36	8,87	8,45	12,97
<i>Matière organique :</i>							
Mat. org. totale ‰ . . . . .	42,2	14,5	6,7	143,1	11,75	6,55	2,2
« Matière noire » ‰ . . . . .	7	—	—	1,60	2,9	—	—
Humus ‰ . . . . .	traces	0	0,07	1,80	0,11	0	0
Azote ‰ . . . . .	3,14	0,97	0,63	10,18	1,09	0,58	0,14
C/N . . . . .	10,9	8,6	6,2	5,3	6,2	6,5	9
<i>Complexe absorbant :</i>							
CaO Ech. — ‰ . . . . .	1,52	0,46	0,85	7,26	0,82	0,85	0,58
MgO Ech. — ‰ . . . . .	0,82	0,195	0,69	1,03	0,65	0,39	0,20
K <sub>2</sub> O Ech. — ‰ . . . . .	0,50	0,02	0,07	0,28	0,02	0,06	0,07
T. méq/100 g. . . . .	28,6	21,0	16,6	53,0	19,5	20,5	25,9
S. . . . .	10,6	2,7	6,65	31,7	6,25	5,1	3,2
V. ‰ . . . . .	37,0	12,8	40,0	59,6	32,1	25,0	12,5
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim. ‰ . . . . .	0,003	0,015	0,024	0,003	0,025	0,015	0,167
<i>Analyse complète :</i>							
Résidu . . . . .	5,99	7,22	3,43	5,55	3,25	7,59	2,51
SiO <sub>2</sub> combinée . . . . .	18,17	17,05	16,89	13,05	12,46	13,05	15,61
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	22,29	26,52	21,77	14,74	28,30	23,48	26,42
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	21,00	22,68	20,64	18,64	28,80	29,48	24,72
TiO <sub>2</sub> . . . . .	1,30	1,55	1,10	2,25	1,95	2,85	2,40
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . . . . .	0,43	0,52	0,46	0,44	0,58	0,56	0,87
Perte au feu . . . . .	23,69	24,21	33,04	45,16	22,45	23,62	25,24
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,38	1,09	1,32	1,52	0,75	0,94	1,00
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,87	0,70	0,82	0,84	0,45	0,52	0,62
	A 21	22	23	24	A 31	32	33
Profondeur . . . . .	0-0,10	0,60	1,60	2,30	0-0,10	0,45	1,0
<i>Détermination :</i>							
pH. . . . .	5,5	5,2	5,3	5,6	6,2	5,4	5,7
<i>Granulométrie :</i>							
Terre fine % . . . . .	93,1	90,0	80,0	78,8	99,1	99,0	89,7
Sable grossier % . . . . .	9,30	7,61	30,07	27,10	12,44	10,06	33,70
Sable fin % . . . . .	13,70	17,80	31,45	30,69	17,43	28,09	34,55
Limons % . . . . .	25,17	33,57	20,40	20,95	13,50	30,38	15,48
Argile % . . . . .	29,70	20,55	3,67	8,65	36,25	13,22	3,67
H <sub>2</sub> O 105° . . . . .	14,19	14,20	13,50	12,40	14,75	14,67	13,55
<i>Matière organique :</i>							
Mat. org. totale ‰ . . . . .	78,8	19,3	3,8	7,2	203,4	38,8	4,3
« Matière noire » ‰ . . . . .	6,7	5,0	—	—	14,0	35	—
Humus ‰ . . . . .	0,51	0	0,009	0	2,35	traces	0
Azote total ‰ . . . . .	5,21	2,74	0,25	0,26	11,76	1,96	0,15
C/N . . . . .	8,8	7,1	8,7	12,3	10	11,5	16
<i>Complexe absorbant :</i>							
CaO Ech. — ‰ . . . . .	4,28	1,08	1,89	1,50	7,54	0,66	0,49
MgO Ech. — ‰ . . . . .	1,20	0,29	0,54	0,56	0,57	0,21	0,32
K <sub>2</sub> O Ech. — ‰ . . . . .	0,38	0,03	0,02	0,02	0,56	0,05	0,02
T. méq/100 g. . . . .	40,0	27,2	23,2	29,6	49,8	21,9	24,2
S. . . . .	22,1	5,4	9,5	8,2	31,0	3,5	3,4
V. ‰ . . . . .	55,2	19,6	40,9	27,7	62,2	15,9	14,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim. ‰ . . . . .	0,014	0,052	0,120	0,138	0,008	0,045	0,145

*Analyse complète :*

Résidu % . . . . .	2,00	16,78	11,01	3,89	2,50	9,61	5,94
SiO <sub>2</sub> combinée % . . . . .	12,89	5,76	12,16	18,60	10,72	6,66	16,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % . . . . .	19,18	19,12	25,79	26,81	16,07	25,92	25,85
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % . . . . .	23,36	23,04	23,20	22,20	17,60	24,20	22,36
TiO <sub>2</sub> % . . . . .	2,15	1,75	0,60	0,75	1,95	1,00	0,95
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % . . . . .	0,61	0,58	0,68	0,59	0,50	0,60	0,79
Perte au feu % . . . . .	35,21	30,12	22,60	23,57	46,68	28,19	23,37
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	1,17	0,51	0,80	1,18	1,13	0,43	1,06
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,60	0,28	0,51	0,77	0,66	0,27	0,68

A 41      42      43      A 51      52      53      54

Profondeur . . . . . 0-0,1      0,5      1,2      0-0,1      0,25      0,5      0,9

*Détermination :*

pH . . . . . 5,9      5,3      6,4      5,7      5,7      5,9      5,4

*Granulométrie :*

Terre fine % . . . . .	95,9	98,5	89,0	97,3	97,1	98,6	98,6
Sable grossier % . . . . .	6,72	17,08	65,49	11,33	11,53	28,43	35,74
Sable fin % . . . . .	14,45	43,20	17,03	9,82	21,00	30,93	33,00
Limons % . . . . .	21,50	22,07	3,07	19,65	31,63	21,47	13,65
Argile % . . . . .	40,75	6,75	3,00	29,57	18,37	5,45	5,12
H <sub>2</sub> O 105° . . . . .	14,58	10,85	11,25	15,02	14,31	12,46	13,88

*Matière organique :*

Mat. org. totale ‰ . . . . .	117,2	35,5	2,6	155,1	35,9	10,7	4,5
« Matière noire » ‰ . . . . .	27	34	—	43	7,2	—	—
Humus ‰ . . . . .	2,06	0,10	traces	1,66	0,18	0	0
Azote total ‰ . . . . .	9,78	2,22	0,27	7,60	3,07	0,80	0,26
C/N . . . . .	8,5	7,0	5,5	8,5	6,9	7,8	10

*Complexe absorbant :*

CaO Ech. — ‰ . . . . .	5,13	1,11	0,63	5,18	1,51	1,04	2,25
MgO Ech. — ‰ . . . . .	0,87	0,18	0,11	1,25	0,34	0,29	0,92
K <sub>2</sub> O Ech. — ‰ . . . . .	0,45	0,08	0,04	0,49	0,14	0,07	0,03
T. még/100 g. . . . .	38,2	26,9	26,0	44,8	29,9	24,0	31,3
S. » . . . . .	23,6	5,0	2,9	25,8	7,40	5,3	12,7
V. % . . . . .	61,7	18,7	11,1	57,7	24,7	22,2	40,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim. ‰ . . . . .	0,011	0,062	0,048	0,024	0,047	0,101	0,079

*Analyse complète :*

Résidu % . . . . .	4,93	5,89	20,16	3,14	10,58	10,11	8,82
SiO <sub>2</sub> combinée % . . . . .	8,81	11,53	21,20	8,96	8,18	6,78	18,67
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % . . . . .	20,51	25,73	13,70	21,17	23,70	27,81	21,92
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> % . . . . .	18,96	21,85	18,05	23,82	23,72	23,53	20,87
TiO <sub>2</sub> % . . . . .	2,45	2,65	1,90	1,90	1,40	2,15	1,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> % . . . . .	0,70	0,69	0,57	0,61	0,58	0,66	0,41
Perte au feu % . . . . .	40,52	29,56	16,70	39,09	30,93	25,73	23,61
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,73	0,76	2,63	0,72	0,58	0,41	1,45
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub> . . . . .	0,44	0,49	1,43	0,41	0,35	0,27	0,90

A 71      72      73      A 81      82      83      84      85

Profondeur . . . . . 0-0,1      0,85      1,9      0-0,1      0,5      1,0      1,5      2,0

*Détermination :*

pH . . . . . 6,0      6,0      6,2      6,0      6,0      5,8      5,7      6,3

*Granulométrie :*

Terre fine %	99,2	100	99,5	99,9	98,7	99,5	99,9	99,8
Sable grossier %	1,07	0,59	1,15	5,80	2,51	6,45	8,48	5,74
Sable fin %	13,13	38,75	20,98	21,97	31,33	31,48	32,43	21,94
Limon %	15,30	9,88	23,95	39,50	26,75	23,48	22,90	23,22
Argile %	53,00	47,87	47,52	23,50	34,60	34,97	32,42	45,75
H <sub>2</sub> O 105°	2,52	2,99	4,55	3,42	2,20	1,89	1,82	1,75

*Matière organique :*

Mat. org. tot. ‰	53,4	4,5	3,9	47,6	13,8	6,2	4,1	3,4
Humus ‰	1,75	traces	0	0,17	0	0	0	0
Azote total ‰	3,40	0,60	0,32	2,18	1,0	0,66	0,56	0,53
C/N	9,1		7,8	12,6	8	5,4	4,3	4

*Complexes absorbant :*

CaO Ech. — ‰	5,86	2,10	1,39	1,40	0,77	0,83	0,85	0,83
MgO Ech. — ‰	0,62	0,29	0,78	0,39	0,15	0,09	0,09	0,08
K <sub>2</sub> O Ech. — ‰	0,51	0,03	0,23	0,01	0,06	0,02	0,04	traces
T. méq/100 g.	31,4	17,8	15,6	16,9	9,5	9,4	8,0	7,4
S. »	25,1	9,05	9,4	7,0	3,7	3,4	3,6	3,4
V. %	79,9	50,8	61,1	41,4	38,6	36,5	44,6	45,9
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim. ‰	0,100	0,008	0,014	0,005	traces	tr.	tr.	tr.

*Analyse complète :*

Résidu %	2,21	1,88	1,51	6,54	1,07	1,80	1,39	1,02
SiO <sub>2</sub> combinée %	24,57	28,36	28,41	24,70	28,25	28,19	28,71	29,09
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	23,85	24,33	22,68	22,31	29,20	31,09	26,08	23,04
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> %	23,96	25,76	28,44	21,65	23,40	22,94	27,44	24,50
TiO <sub>2</sub> %	2,25	1,85	2,40	2,25	1,90	1,65	1,50	1,62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> %	0,46	0,21	0,41	0,19	0,17	0,16	0,11	0,19
Perte au feu %	22,82	16,48	16,75	21,68	15,93	15,17	14,77	15,52
SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,75	1,98	2,13	1,83	1,65	1,54	1,87	1,76
SiO <sub>2</sub> /R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,08	1,19	1,18	1,13	1,08	1,05	1,12	1,13

## BIBLIOGRAPHIE

Les ouvrages ou articles suivants ont été consultés :

## GÉOLOGIE.

- (1) LACROIX (A.), 1922. — La minéralogie de Madagascar. — Paris, Challamel, I, pp. 79-80.

## VÉGÉTATION.

- (2) PERRIER DE LA BATHIE (H.), 1921. — La végétation malgache. — Paris, Challamel.

## CLIMAT.

- (3) Les données fournies par le Service météorologique de Madagascar. Tananarive.

## SOLS.

- (4) BLACKIE (W. J.), 1948. — Proceedings of the first Commonwealth conference of tropical and sub-tropical soils. — Harpenden, England, pp. 54-58.
- (5) CRAIG (N.) and HALAIS (P.), 1946. — Données essentielles sur les sols de l'île Maurice. — *Rev. Agric. Ile Maurice*.
- (6) KELLOG (C. E.), 1948. — Proceedings of the first Commonwealth conference of tropical and sub-tropical soils. — Harpenden, England, pp. 83-84.

- (7) MÜNTZ (A.) et ROUSSEAU (E.), 1901. — Étude de la valeur agronomique des sols de Madagascar. — Imprimerie Nationale, Paris.  
 (8) MOHR (J.), 1944. — Soils of equatorial regions. — *Ann. Arbor. Mich. U.S.A.*, pp. 598-603.

## CULTURE DU QUINQUINA.

Spécialement MOHR (8) et :

- (9) *Anonyme*, 1945. — Note sur le Quinquina. — Encyclopédie de l'Union française, Madagascar et Réunion. Paris, 2, p. 44.  
 (10) LAMARQUE (P.), 1949. — Le Quinquina à la montagne d'Ambre. — *Bull. Agric. Madag.*, 11, p. 11-17.  
 (11) PAULIAN (R.), 1950. — Insectes et maladies affectant les Quinquinas en Montagne d'Ambre. — *Mém. Inst. Scient. Madag.*, A. IV, p. 1-16.  
 (12) SANDS (W. N.), 1923. — La culture des arbres à Quinquina à Java. — *Bull. Econ. Madag.*, I, p. 245-254.

## MÉTHODES ANALYTIQUES.

- (13) BAEYENS (J.), 1936. — Les sols de l'Afrique Centrale. — Bruxelles, I, p. 181.  
 (14) CHAMINADE (R.), 1946. — Sur une méthode de dosage de l'humus dans les sols. — *C. R. Acad. Agric.*, 4, 131.  
 (15) DEMOLON (A.), 1949. — La Dynamique du sol. — Paris, Dunod.  
 (16) GRAHAM (E. R.), 1948. — Determination of soils organic matter by means of a photoelectric colorimeter. — *Soil Sc.*, 65, p. 181-4.

## SUMMARY

The author describes soils noted at « Les Roussettes » and Sakaramy (near Diego-Suarez). Derived from basalt and basic ash the soils can be accounted for as brown and brownish red lateric soils : morphological and analytical data are given. The brown soils seem quite suitable for *Cinchona* growing.