

**RELATIONS ENTRE LE RELIEF, LES TYPES DE SOL,
ET LEURS APTITUDES CULTURALES
SUR LES HAUTES TERRES MALGACHES**

par F. Bourgeat, Huynh Van Nhan, M. Vallerie
F. Vicariot et C. Zebrowski

(Note présentée par M. G. Aubert)

La mise en valeur des hautes terres malgaches entreprise par les Services de Vulgarisation agricole à la suite des travaux de l'I.R.A.M., repose sur la double notion de rotation et de fertilisation intensive. L'analyse des rendements obtenus et des différents facteurs de production, hormis le facteur sol, montre qu'une part importante de la variabilité (rendements compris entre 0,9 tonne et 7 tonnes par hectare de maïs grain) reste inexpliquée (Huynh Van Nhan, F. Vicariot, 1971).

Les études pédologiques (F. Bourgeat, 1970) ont permis de caractériser de façon précise les sols ferrallitiques de ces régions et de mettre en évidence des unités très diversifiées quant à leurs propriétés physiques. Elles ont également souligné une interdépendance entre les formes de relief et les types de sols qui les recouvrent.

Ceci a conduit les Agronomes et Pédologues de l'O.R.S.-T.O.M. à mettre sur pied un protocole de recherche en vue d'intégrer le facteur sol dans l'analyse des facteurs de production.

La présente note a trait à l'examen des relations entre types de sols, types de modelé et aptitudes culturales appréciées à travers les rendements en maïs grain.

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

Collection de Référence

22 OCT. 1974. 7062 Pado Ex 1

I. MÉTHODOLOGIE EXPÉRIMENTALE

Les schémas de culture mis en œuvre par les agriculteurs encadrés par les agents de vulgarisation sont installés sur les principaux types de sols représentatifs de la région.

L'examen systématique des profils pédologiques a permis de caractériser les types de sols par leurs propriétés physiques et de les resituer dans la classification établie par F. Bourgeat et G. Aubert (1970).

La culture testée est celle du maïs grain sur défriche. Les rendements sont ceux obtenus sur 92 parcelles de 10 ares chacune, ayant bénéficié de techniques culturales identiques.

La variation des rendements en fonction des types de sols a fait l'objet d'études statistiques précises. En particulier le test de Keuls a été systématiquement appliqué aux résultats obtenus.

II. CARACTÉRISTIQUES ET CLASSIFICATION DES SOLS ÉTUDIÉS (Sols ferrallitiques)

Ces sols ont subi un décapage au cours du quaternaire. L'intensité de ce rajeunissement permet de distinguer des sols pénévulés (ou fortement rajeunis) et des sols rajeunis.

1. Les sols pénévulés (type 1) sont limoneux (de 8 à 20 % de limon) et présentent dès la surface des minéraux primaires altérables. Le développement de leur structure est meilleur sur sol issu de roches volcaniques, que sur sol formé sur matériau cristallin. Ils sont toujours très poreux. Sur roches acides, ils sont en général susceptibles à l'érosion ; situés sur des pentes fortes, ils sont rarement mis en culture. Sur roches basiques, ils sont moins érodables et situés sur des pentes moins fortes.

2. Les sols rajeunis ont une forte teneur en argile (de 40 à 80 %) et sont pauvres en limon. Les minéraux primaires altérables, n'apparaissent qu'entre 60 cm et 2 m. La structure est plus ou moins marquée. Les horizons humifères d'épaisseur variable présentent des structures allant de l'état

grumeleux à l'état poudreux. Souvent les horizons sous-jacents possèdent une structure continue et une compacité plus ou moins forte.

Cette diversité de propriétés physiques a permis de classer ces sols rajeunis en :

a) *Sols rajeunis typiques à tendance pénévoluée* (type 2) : structure et degré de structuration bien marqués, apparition de minéraux primaires altérables légèrement en dessous de 60 cm, enracinement profond.

b) *Sols rajeunis typiques à structure bien développée* (type 3) : structure grumeleuse dans l'horizon humifère, polyédrique bien développée dans les horizons sous jacents. Bon enracinement diminuant progressivement en profondeur.

c) *Sols rajeunis typiques à structure plus ou moins dégradée* (type 4) : présence entre l'horizon humifère et l'horizon B profond, d'un horizon B1 légèrement compact à structure polyédrique plus ou moins émoussée ; tendance à un cheminement plus ou moins horizontal des racines au-dessous de l'horizon humifère.

d) *Sols rajeunis enrichis en minéraux peu altérables et à horizon friable* (type 5) : développée sur roches basiques ; présence d'un horizon B1 à structure peu individualisée friable à l'état sec, peu compact et très poreux. Bonne prospection par les racines.

e) *Sols rajeunis enrichis en minéraux peu altérables à structure plus ou moins dégradée* (type 6) : horizon B1 plus ou moins compact avec structure à tendance continue. Meilleur développement de celle-ci à partir de 60 à 80 cm. Chevelu racinaire essentiellement localisé dans un horizon humifère grumeleux à poudreux, de 10 à 15 cm d'épaisseur et pénétration de quelques racines dans les fentes de retrait de l'horizon B1.

f) *Sols rajeunis enrichis en minéraux peu altérables à structure fortement dégradée* (type 7) : horizon B1 épais, compact, à structure continue. Enracinement superficiel localisé dans l'horizon humifère poudreux de faible épaisseur (10 cm).

III. RELATIONS ENTRE TYPES DE SOLS ET NIVEAUX DE PRODUCTION

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous :

TYPES DE SOLS	RENDEMENTS EN T/HA	RENDEMENTS MOYENS EN T/HA
Sols pénévlués (1)	2,88 à 6,95	4,71
Sols rajeunis typiques à tendance pénévluée (2).	3,51 à 6,25	4,75
Sols rajeunis typiques à structure bien développée (3).	3,19 à 7,00	4,91
Sols rajeunis typiques à structure plus ou moins dégradée (4).	2,53 à 4,90	3,83
Sols rajeunis enrichis en minéraux peu altérables à horizon friable (5)	1,95 à 5,32	4,11
Sols enrichis en minéraux peu altérables à structure plus ou moins dégradée (6)	1,58 à 4,26	2,84
Sols enrichis en minéraux peu altérables, à structure fortement dégradée (7). .	0,88 à 1,76	1,23

Les propriétés chimiques des sols — très pauvres dans l'ensemble : somme des bases échangeables 0,1 à 1,3 me./100 gr. — n'ont pas permis d'expliquer la grande variabilité des rendements.

Par contre la classification en fonction des types de sols définis par leurs propriétés physiques révèle que le facteur sol est déterminant. En effet l'analyse des variances indique que la variation des rendements dûs aux types de sols est très significativement supérieure à la variation aléatoire. Elle rend compte de 59,5 % de cette variation. Le test de Keuls permet de mettre en évidence des différences significatives entre les rendements obtenus sur les différents types de sols pris 2 à 2 sauf entre les types 2 et 3, pour lesquels, d'ailleurs, les propriétés physiques sont très proches.

DIFFÉRENCES ENTRE TYPES DE SOLS	Δ EN TONNES PAR HECTARE
Entre 3 et 7	3,68 ± 1,12
Entre 2 et 7	3,52 ± 1,05
Entre 4 et 7	2,60 ± 0,96
Entre 6 et 7	1,61 ± 0,79
Entre 3 et 6	2,07 ± 1,05
Entre 2 et 6	1,91 ± 0,96
Entre 4 et 6	0,99 ± 0,79
Entre 3 et 4	1,08 ± 0,96
Entre 2 et 4	0,92 ± 0,79

Les différences et les intervalles de confiance, regroupés dans le tableau précédent, ne concernent que les sols formés sur roches cristallines, de type 2, 3, 4, 6 et 7.

Sur roches volcaniques (sols de types 1, 3 et 5) les rendements ne sont pas significativement différents d'un type de sol à l'autre. Tous ces sols présentent, en fait, de bonnes propriétés physiques et sont caractérisés par l'absence d'horizon compact.

L'examen du profil et des caractéristiques physiques des sols, reconnaissables sur le terrain, se révèle donc comme un bon indicateur de leurs aptitudes.

Ce résultat montre l'importance des cartes pédologiques pour la mise en valeur de cette région. Les travaux d'inventaire détaillé ne sont encore que très partiels. Un critère plus général a pu être mis à la disposition des utilisateurs grâce aux relations entre le modelé et la répartition des types de sols (F. Bourgeat, 1972).

IV. LES UNITÉS MORPHOLOGIQUES

Dans les zones étudiées, le substratum est constitué par des roches gneissiques, des granites et des coulées volcaniques. En dehors des reliefs dominants et abrupts constitués par une ossature granitique, le modelé dérive d'anciennes surfaces d'érosion ou structurales. Son évolution récente permet de distinguer 4 types de paysages, véritables unités morphologiques :

a) *La zone des reliefs résiduels et de dissection* résultant d'une dissection très poussée d'anciennes surfaces ou épargnés par les cycles d'érosion : pentes très fortes ; système hydrographique fortement encaissé ; bas-fonds inexistant.

b) *La zone des reliefs dérivés* correspondant à une forte reprise d'érosion ancienne, et présentant des pentes généralement fortes ; ensemble de collines arrondies qui culminent à des attitudes légèrement différentes ; encaissement du système hydrographique encore accusé ; bas-fonds très réduits occupés essentiellement par des sols peu évolués.

c) *La zone des reliefs de rajeunissement associés à des reliefs dérivés*, association complexe du relief dans une zone de contact entre 2 niveaux d'aplanissement (F. Bourgeat et M. Petit, 1969) ; pentes très variables ; paysage constitué d'une multitude de croupes convexes d'interfluves qui culminent à la même altitude ; bas-fonds à pente indécise occupés par des sols hydromorphes peu humifères.

d) *La zone des reliefs de rajeunissement associés aux témoins des surfaces rajeunies* constituée par des croupes d'interfluves et, localement, de larges replats sommitaux et interfluves plats ; système hydrographique peu encaissé, bas-fonds occupés par des sols hydromorphes organiques.

V. RELATIONS ENTRE LE MODELÉ, LES TYPES DE SOLS ET LEURS APTITUDES CULTURALES

On note une relation très étroite entre les reliefs, et la nature des sols qui les recouvrent d'une part, entre les sols et les rendements d'autre part.

On peut donc attribuer à chacune des zones précédemment définies une aptitude déterminée. Une analyse de variance des rendements montre que la source de variation liée aux unités morphologiques rend compte de 42 % de la variation totale.

Les résultats globaux observés dans les différentes zones sont exposés dans le tableau suivant :

Les rendements sur les différents types de sols quelles

UNITÉS MORPHOLOGIQUES	TYPES DE SOLS DOMINANTS	RENDEMENTS MOYENS PAR ZONE EN T/HA
Zone de reliefs résiduels et de dissection	Sols pénévoués (1) Sols rajeunis typiques à tendance pénévouée (2)	4,74
Zone des reliefs dérivés	Sols rajeunis typiques à structure bien développée (3) Sols rajeunis typiques à structure plus ou moins développée (4)	4,00
Zones des reliefs de rajeunissement associés à des reliefs dérivés	Sols rajeunis typiques à structure plus ou moins dégradée (4) Sols rajeunis enrichis en minéraux peu altérables à structure plus ou moins dégradée (6)	3,04
Zones de reliefs des rajeunissement associés aux témoins de surface rajeunie	Sols rajeunis enrichis à structure plus ou moins dégradée (6) Sols rajeunis enrichis à structure fortement dégradée (7)	2,69

que soient les zones où ils ont été observés sont indiqués dans le tableau p. 776.

CONCLUSION

On peut dire que la reconnaissance et la délimitation des unités morphologiques permet, dans une première approche, d'affecter à chacune d'elles un seuil de production déterminé et ainsi de sélectionner les zones les plus favorables.

Dans un deuxième temps, il convient de préciser dans chaque unité retenue, la localisation et l'extension exacte des différents types de sols.

Il convient enfin de souligner que, malheureusement, les sols les plus favorables sont situés sur des pentes plus ou

moins marquées, ce qui détruit un préjugé trop répandu qui consiste à admettre que seules les zones planes sont aménageables. Ce critère, valable sur le plan de la défense des sols et de la mécanisation des cultures, est à revoir sur le plan de la mise en valeur pour l'ensemble des hautes terres de Madagascar.

O.R.S.T.O.M. - E.N.S.A. Tananarive

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BOURGEAT (E.), 1970. — Contribution à l'étude des sols sur socle ancien à Madagascar. *Trèse*, Mém. O.R.S.T.O.M., n° 57, 335 p.
- BOURGEAT (F.) et AUBERT (G.), 1971. — Les sols ferrallitiques à Madagascar. Centre O.R.S.T.O.M. Tananarive, 31 p. multigr.
- BOURGEAT (E.) et PETIT (M.), 1969. — Contribution à l'étude des surfaces d'aplanissement sur les hautes terres centrales de Madagascar. *Annales de Géographie*, 158-188.
- HUYNH VAN NHAN, RODHAN (E.) et VICARIOT (F.), 1971. — Rapport de campagne 1970-1971 : Observations sur des secteurs modernisés de cultures sèches dans l'U.R.E.R. de Tananarive. O.R.S.T.O.M. Tananarive, 56 p. multigr. + annexes.