

Organisation de la couverture pédologique et rendements d'une culture mécanisée de manioc sur Terres Hautes en Guyane

B. Barthès

ORSTOM - Laboratoire d'étude du comportement des sols cultivés
BP 5045. 911, avenue d'Agropolis. 34 032 Montpellier cedex 1. France.

RÉSUMÉ

Sur un versant des terres hautes du Nord-Ouest de la Guyane, on compare les variations de caractères pédologiques simples et les rendements d'une culture mécanisée de manioc.

Les caractères pédologiques sont décrits, sur deux transects, à partir de sondages à la tarière ; l'hydromorphie est également évaluée à l'aide d'un indice topographique. Les rendements (matière fraîche) en tubercules et parties aériennes consommables sont mesurés sur des placettes situées à proximité de chaque sondage.

Trois domaines pédologiques se succèdent le long du versant : à l'amont, un domaine de sols épais, à drainage vertical profond ; à mi-versant, un domaine de sols plus minces, à drainage principalement latéral ; à l'aval, un domaine hydromorphe. Ces trois domaines pédologiques correspondent à trois domaines de rendement en matière fraîche consommable totale (tubercules + parties aériennes) : environ 9 kg/m² à l'amont, 6 kg/m² à mi-versant et 4 kg/m² à l'aval. Au sein de chacun de ces trois domaines, le rendement en tubercules et le rendement en parties aériennes varient en sens inverses, leur somme restant presque constante ; ce phénomène de compensation est lié à la compétition entre ces organes pour l'utilisation des produits de la photosynthèse.

L'étude des coefficients de corrélation entre rendements et paramètres pédologiques indique une forte liaison du rendement en tubercules frais avec :

- d'une part, l'épaisseur des horizons meubles, humectés (frais) et perméables, qui conditionne l'importance des réserves hydriques accessibles aux racines ;
- d'autre part, l'hydromorphie, car l'engorgement provoque le pourrissement des tubercules.

Le rendement en parties aériennes fraîches consommables s'avère étroitement corrélé à l'épaisseur des horizons meubles, perméables et humectés, mais ne dépend guère de l'hydromorphie.

Mots clés

Relations sol / plante - manioc - macromorphologie du sol - organisation spatiale - hydromorphie - Guyane française.

SUMMARY

ORGANIZATION OF THE PEDOLOGICAL MANTLE AND YIELDS OF A MECHANIZED CASSAVA CROP IN GUIANA HIGH LANDS

On a slope of the Northwest high lands of French Guiana, yields of a mechanized cassava crop are compared with the variations of simple soil characteristics.

The organization of the pedological mantle is apprehended by means of auger borings, done along two straight lines down the slope ; these borings allow a macromorphological description of the soil in terms of colour, texture, moisture and compactness, visually or tactily field-appraised. Hydromorphy is estimated using a topographic index, which combines declivity and distance to talweg.

Cassava yields are measured on a 5 m² plot close by each boring. For each plot, measured yields are fresh tubers yield (TUB, in kg/m²), fresh stems and blades yield (PA, in kg/m²) and total consumable fresh matter yield (TOT, with TOT = TUB + PA).

Pedological observations lead to the distinction of two kinds of horizons (bottom of figure 1) :

- upper horizons, which are loose, moistened and permeable ; upslope, these horizons are thick (BG, BJ, JR) ; midslope, they become thinner, with quartz gravel (BG-Q, BJp-Q) ; downslope, they are thick and wet (G, B) ;
- lower horizons, which are more compact, drier and less permeable (TR, ALT).

Consequently, three pedological units follow each other along the slope :

- thick soils with deep vertical drainage upslope ;
- shallower soils with partly lateral drainage midslope ;
- hydromorphous soils downslope.

These three soil units correspond to three distinct areas differing in their total consumable fresh matter yield (TOT) : TOT is about 9 kg/m² upslope, about 6 kg/m² midslope and about 4 kg/m² downslope (top of figure 1).

Inside each area, there is a balance between tubers yield (TUB) and stems and blades yield (PA) : the increase of one goes with the decrease of the other, and their total sum remains almost constant ; this is due to competition between tubers and aerial organs for the use of photosynthesis products.

Correlation coefficients are calculated for cassava yields versus pedological and topographic data (see data on table 1 and correlation coefficients on table 2).

Fresh tubers yield (TUB) and total fresh consumable matter yield (TOT) are closely correlated with :

- thickness of loose, moistened and permeable horizons, which governs the amount of water reserves available to roots ;
- hydromorphy, because water stagnation leads to tubers rotting and growth reduction.

Fresh stems and blades yield (PA) is closely related with the thickness of loose, moistened and permeable horizons, but does not appear to depend upon hydromorphy.

Key words

Soil / plant relationships - cassava - soil macromorphology - spatial organization - hydromorphy - French Guiana.

En Guyane française, le manioc produit localement pourrait se substituer aux aliments du bétail importés, à condition que la qualité et le prix soient attractifs, et que les quantités produites soient importantes. L'utilisation de plantes entières issues de culture mécanisée sur des terrains favorables peut permettre de satisfaire à cette triple exigence. En effet :

- l'utilisation conjointe des tubercules et des parties aériennes fournit un aliment de qualité nutritive intéressante, car les parties aériennes sont plus riches en azote que les tubercules (Silvestre & Arraudeau, 1983) ;

- la culture mécanisée peut permettre une production importante, à un faible coût unitaire ;

- la mise en culture de terrains favorables conditionne l'obtention d'une productivité élevée.

Pour tester cette option, une culture mécanisée de manioc a été étudiée en milieu réel, chez un agriculteur, sur terres hautes du Nord-Ouest de la Guyane.

Les terres hautes du Nord-Ouest de la Guyane sont caractérisées par :

- un climat de type équatorial à deux saisons des pluies, avec 1 800 mm en moyenne pendant environ huit mois au total, et une sécheresse relative le reste de l'année (Boyé *et al.*, 1979) ;

- la présence de matériaux riches en sables grossiers au-dessus des produits d'altération du socle ancien ; ces matériaux, appelés Série Détritique de Base (S.D.B.), sont associés à un paysage ondulé d'altitude modeste (Choubert, 1961) ;

- une altération poussée des roches-mères, qui conduit à la différenciation de sols ferrallitiques, et dans certains cas, de podzols (CPCS, 1967) ;

- des surfaces importantes de sols à contraintes relativement faibles vis-à-vis de l'agriculture (Lucas *et al.*, 1981) ;

- une végétation de forêt dense sempervirente, en conditions naturelles ; du fait de l'occupation humaine, la forêt primaire peut être remplacée par les cultures, les friches ou la forêt secondaire.

Comme dans d'autres régions du pays, l'organisation de la couverture pédologique connaît souvent de fortes variations le long d'un même versant (Boulet, 1978 ; Veillon, 1990). Des expérimentations agronomiques ont montré que ces variations d'ordre pédologique s'accompagnent généralement de variations du comportement des cultures (Béreau *et al.*, 1984 ; Boulet *et al.*, 1984).

Nous comparerons les sols et les rendements en manioc le long d'un versant représentatif des terres hautes non podzolisées du Nord-Ouest de la Guyane. Cette comparaison

permettra de délimiter et de caractériser, à l'échelle du versant, les zones de rendements maximaux. Par extrapolation, ces données peuvent permettre de délimiter les sols favorables à la culture mécanisée du manioc dans toute la région.

MATÉRIAUX ET MÉTHODES

Le site d'étude

La comparaison entre sols et rendements est effectuée sur une parcelle de manioc d'environ 75 ha, située au lieu-dit Charvein, sur la commune de Mana. Turenne (1973) y cartographie des sols ferrallitiques fortement désaturés en (B), lessivés, hydromorphes, sur S.D.B. ; ces sols sont "jaunes", argilo-sableux à quartz grossiers, au-dessus d'une migmatite à grain grossier.

La parcelle de manioc

Sur les 75 ha plantés, le précédent cultural varie suivant les zones (riz pluvial, sorgho ou soja), mais il s'agit toujours de cultures mécanisées. Le terrain avait reçu 500 kg/ha de chaux avant la mise en place de ces cultures, mais n'a pas été chaulé avant l'installation du manioc.

En début de saison des pluies, la parcelle a été labourée à la charrue à socs (profondeur d'environ 20 cm) ; elle a ensuite été sous-solée avec une sous-soleuse à obus (profondeur d'environ 40 cm), puis fraisée deux fois avec un outil rotatif à dents droites (profondeur d'environ 10 cm), pour fractionner les mottes.

60-60-120 unités NPK ont ensuite été apportées, sous forme d'engrais composé 0-15-30 et d'urée, avant le billonnage ; après trois mois de culture, 30 unités supplémentaires d'azote ont été épandues, sous forme d'urée.

Les billons, hauts d'environ 20 cm lors de nos observations, sont groupés par doubles rangées, avec 80 cm entre deux rangées proches et 140 cm entre deux rangées éloignées.

Les boutures ont été plantées verticalement, à la main, avec un espacement de 80 cm environ sur le billon, soit une densité moyenne de l'ordre de 11 500 plants/ha. Différents cultivars de l'espèce *Manihot esculenta* ont été plantés, en mélange ; ils n'ont pas pu être distingués dans l'étude.

Un désherbage chimique au paraquat a été effectué en prélevée ; des désherbages manuels ultérieurs ont été nécessaires dans certaines zones envahies.

La récolte est prévue 18 mois après la plantation. Nos observations sont intervenues 13 mois environ après la plantation, pendant la saison des pluies.

Méthode d'étude des couvertures pédologiques ; appréciation de l'hydromorphie

La méthode utilisée s'inspire des travaux de Boulet *et al.* (1982). Elle consiste en une description macromorphologique de la couverture pédologique, au moyen de sondages alignés sur des transects. Les sondages, effectués à la tarière à main, permettent la description du sol en termes :

- de couleur, appréciée visuellement (elle permet notamment d'évaluer l'hydromorphie) ;
- d'humidité, appréciée tactilement ; on distingue les quatre états suivants : sec (en réalité, "sec au toucher", ce qui signifie que l'eau éventuellement présente n'est pas perceptible au toucher), humecté (ou frais), humide, trempé (ou très humide) ;
- de texture, appréciée tactilement (et comparée aux données analytiques disponibles pour des sites voisins) ;
- de compacité relative, appréciée tactilement.

Ces sondages sont alignés sur deux transects parallèles, M et M', longs de 270 m et distants de 170 m, orientés dans le sens de la pente. Les observations sont reportées sur des coupes représentant les transects (la topographie est déduite d'un arpentage au mesureur à fil perdu et d'un nivellement au clisimètre). Les sondages sur transect sont multipliés jusqu'à permettre la délimitation sur coupe des principaux horizons et caractères pédologiques rencontrés.

L'hydromorphie est souvent appréciée par la couleur des horizons (matrice et taches éventuelles). Cette couleur, particulièrement celle des taches, est liée à l'état oxydé ou réduit du fer, également du manganèse ; elle dépend donc de la disponibilité en oxygène, qui dépend elle-même du taux de saturation en eau de l'espace poral et de la durée de ce remplissage.

Sur la base de cette appréciation qualitative, on se propose de définir, pour chaque profil, un indice semi-quantitatif d'hydromorphie, noté H :

$$H = (\sum h_i \cdot e_i) / E$$

où E, épaisseur totale de profil affectée par l'hydromorphie, est divisée en niveaux d'épaisseur e_i et d'hydromorphie h_i ; h_i , appréciée visuellement, varie de 0, pour un matériau bien drainé, de couleur homogène et relativement vive, à 3, pour un matériau très hydromorphe, gris à taches rousses.

Toutefois, on privilégiera une appréciation plus quantitative de l'hydromorphie, en établissant pour chaque sondage un indice topographique HY, défini ainsi :

$$HY = (p \cdot d) / 100$$

où p est la pente locale (en %) et d la distance à l'axe de drainage (en m). Cet indice, assimilable à une hauteur, augmente quand l'hydromorphie diminue (pente forte ou éloignement du

talweg). L'intérêt de cet indice dans le cas présent ne présume pas de sa pertinence dans d'autres contextes.

Etude des rendements ; comparaison sol - rendements

Une placette est récoltée à proximité immédiate de chaque observation pédologique ; chaque placette comprend une demi-douzaine de plants et couvre un peu plus de 5 m², sur deux rangs.

Les tubercules de chaque placette sont déterrés, brossés et pesés sur le site ; on rapporte ce poids à l'unité de surface, pour obtenir le rendement moyen de la placette en tubercules frais, noté TUB (en kg/m²).

Les parties aériennes de chaque placette (tiges, pétioles et feuilles) sont également pesées sur le site, à l'exception de la base du tronc, très dure et donc impropre à la consommation animale ; on rapporte ce poids à l'unité de surface, pour obtenir le rendement moyen de la placette en parties aériennes consommables fraîches, noté PA (en kg/m²).

La somme de TUB et de PA est notée TOT (en kg/m²) ; elle mesure le rendement moyen de chaque placette en matière fraîche consommable.

On comparera les rendements et l'organisation de la couverture pédologique sur le transect M. On tentera ensuite d'identifier des paramètres édaphiques dont les variations sont corrélées avec celles des rendements.

RÉSULTATS

Organisation de la couverture pédologique et dynamique de l'eau sur le transect M

Ce transect parcourt l'ensemble du versant, et compte seize observations (fig. 1, en bas). La pente est :

- faible à l'amont (1% entre les relevés 1 et 2) ;
- plus marquée ensuite (2% entre les relevés 2 et 6) ;
- plus forte encore après une nette rupture de pente (plus de 3% entre les relevés 9 et 108) ;
- progressivement plus faible à l'aval, jusqu'à un talweg évasé.

ζ A l'amont (sondage 14), on décrit le profil suivant, sur billon :

0 - 40 cm : horizon cultivé, noté BG, brun-grisâtre à zones plus grises, sableux riche en sables grossiers, meuble, humecté ; vers sa base, il devient sablo-argileux à sables grossiers, plus humide, et montre des volumes filamenteux ocre ;

40 - 70 cm : après une limite nette, horizon intermédiaire, noté BJ, brun-jaunâtre à zones plus ternes peu contrastées, argilo-sableux à sables grossiers, meuble, humecté ;

70 - 190 cm : après une transition progressive, horizon noté JR, jaune-rougeâtre homogène, argileux à sables grossiers, meuble, humecté ;

190 - 260 cm : horizon de transition vers l'altérite, noté TR, brun pâle, d'aspect laiteux, à volumes roses, argilo-sableux riche en sables grossiers, devenant plus compact et moins humecté en profondeur ;

> 260 cm : horizon d'altération, noté ALT, brun très pâle, d'aspect laiteux, à volumes contrastés rouge-jaunâtre et blanchâtres, argileux à sables grossiers, à toucher légèrement sériciteux, compact, "sec au toucher".

Une petite fosse a été ouverte près du relevé 14. La base de l'horizon cultivé y est humide et marquée par l'hydromorphie, au-dessus d'un niveau compacté qui semble résulter du travail du sol ; l'horizon sous-jacent brun-jaunâtre est meuble, macroporeux, humecté et non hydromorphe.

ζ Depuis l'amont jusqu'à l'aval, les variations observées sur le transect M sont les suivantes :

- épaissement de l'horizon intermédiaire BJ, qui devient argileux à sa base, puis sur toute son épaisseur ; conjointement, l'horizon sous-jacent plus rouge, JR, s'enfonce puis disparaît en biseau ; BJ repose alors directement sur l'horizon TR de transition à l'altérite ;

- à partir de la rupture de pente (relevés 7 à 108), les horizons supérieurs s'amincissent et s'enrichissent en graviers et

sables grossiers (en surface, passage de BG à BG-Q, riche en quartz ; passage de BJ à Bjp-Q, plus pâle et terne) ; conjointement, les horizons profonds de l'amont se rapprochent de la surface, et la profondeur du sommet de l'altérite ALT passe de 130 cm (relevé 7) à 50 cm (relevé 108) ;

- en bas de pente, le profil s'épaissit, devient plus terne et plus humide ; il s'enrichit en sables grossiers, mais les graviers disparaissent ; l'horizon supérieur G est sableux, gris à volumes roux ; l'horizon intermédiaire devient brunâtre, sablo-argileux et humide (passage de Bjp-Q à B) ; l'horizon TR devient gris pâle à volumes filamenteux ocre, l'altérite ALT est blanchâtre.

ζ Sur tout le transect, la base de l'horizon cultivé est plus humide et marquée par l'hydromorphie ; le sous-solage n'élimine donc pas l'engorgement au-dessus du niveau compacté, qui semble présent sur l'ensemble du versant. L'hydromorphie, appréciée visuellement, est plus nette lorsque la pente diminue (horizon cultivé plus gris, à taches rousses, au relevé 4), elle est moins nette lorsque la pente augmente (horizon cultivé plus brun, à taches rares, au relevé 9) ; ces variations suggèrent l'existence d'un drainage latéral au-dessus du niveau compacté. Mais l'horizon sous-jacent est humecté ; le niveau compacté ne serait donc pas continu, et une partie de l'eau drainerait verticalement. Ainsi, dans l'horizon cultivé, l'eau stagnerait pour une part, drainerait latéralement pour une autre part et drainerait verticalement pour une troisième part, l'importance relative de chaque part dépendant de la topographie.

ζ Sous le niveau compacté, l'organisation de la couverture pédologique peut s'interpréter en termes de dynamique de l'eau, à la lumière des travaux de Guehl (1984) :

- sur toute la moitié amont du transect, les horizons meubles et humectés (BJ, JR) ont environ 150 cm d'épaisseur ; le drainage est vertical et profond, quoique dégradé en subsurface (niveau compacté) ;

- à mi-versant (relevés 7 à 108), les horizons meubles et humectés sont plus minces ; les horizons profonds de l'amont (TR, ALT), plus compacts et plus secs, se rapprochent de la surface ; dans ces conditions, les horizons supérieurs perméables sont rapidement saturés lors des pluies, et l'excès d'eau draine latéralement au-dessus des matériaux peu humectés et peu perméables ; le drainage est peu profond et principalement latéral ;

- vers l'aval, les horizons profonds peu perméables s'enfoncent ; le drainage est vertical, tant que le sol n'est pas gorgé d'eau.

Organisation de la couverture pédologique et dynamique de l'eau sur le transect M'

Ce transect parcourt l'ensemble du versant et comprend sept observations. La pente est régulière, sans rupture nette : depuis l'amont, elle augmente progressivement sur un tiers du versant, pour atteindre environ 2.5% ; elle se stabilise ensuite autour de 2%, et s'annule progressivement à l'aval.

Dans l'ensemble, l'organisation de la couverture pédologique est comparable à celle du transect M.

Le profil amont présente la même différenciation qu'au relevé 14 du transect M, mais il est plus mince. Comme sur M, l'horizon rougeâtre (JR), au-dessus des horizons profonds plus compacts, disparaît en biseau en haut de pente.

Comme sur le transect précédent, des horizons enrichis en quartz grossiers apparaissent en milieu de pente. En revanche, il n'y a pas ici de remontée marquée des horizons plus compacts et moins humectés ; leur profondeur d'apparition décroît depuis l'amont, mais se stabilise autour de 80 cm pour TR et 170 cm pour ALT.

À l'aval, sous l'horizon de surface gris, sableux et humide, un horizon gris pâle également sableux et humide se différencie au-dessus des horizons profonds qui s'enfoncent.

Les horizons perméables restent relativement épais sur tout le transect ; le drainage vertical est assez profond dans l'ensemble. On retrouve des traces d'engorgement subsuperficiel, qui traduisent une dégradation de ce drainage vertical au sommet du profil (niveau compacté).

Synthèse sur les observations pédologiques : deux groupes d'horizons et trois domaines

Les observations faites sur les transects M et M' permettent de distinguer deux principaux types d'horizons :

ζ des horizons supérieurs, meubles dans l'ensemble, humectés et perméables, qui sont :

- épais, plus argileux et plus vifs vers l'amont (BG, BJ, JR) ;
- plus minces et riches en quartz grossiers à mi-versant (BG-Q, Bjp-Q) ;
- épais, plus sableux, plus ternes et plus humides vers l'aval (G, B, Bjp-Q) ;

ζ des horizons inférieurs, plus compacts, plus secs et moins perméables (TR et ALT), qui apparaissent :

- en profondeur vers l'amont ;
- plus superficiellement à mi-versant ;
- en profondeur vers l'aval.

Sur le versant, on distingue ainsi trois domaines, en termes d'organisation et de fonctionnement de la couverture pédologique :

- à l'amont, un domaine de sols épais, à drainage vertical profond, dégradé en subsurface (sur M, jusqu'au relevé 66) ;
- à mi-versant, un domaine de sols plus minces, à drainage principalement latéral (surtout sur M, entre les relevés 6 et 108) ;
- à l'aval, un domaine hydromorphe (sur M, à partir de 108).

Rendements sur M ; relations avec l'organisation de la couverture pédologique

Les rendements des placettes échantillonnées sur le transect M sont présentés en haut de la figure 1, à la verticale des sondages correspondants (on nomme relevé l'ensemble constitué par un sondage et sa placette adjacente). Les relevés 1 et 14 ne sont pas pris en considération, dans la mesure où ils sont peu éloignés d'une route sans fossé (hors figure 1) ; cette particularité s'accompagne de perturbations qui rendent délicate la comparaison avec le reste du transect.

Pour une placette donnée, les rendements en parties aériennes consommables (PA) et en tubercules (TUB) sont souvent voisins, en matière fraîche. Ce n'est pas le cas pour les relevés 2 et 7, où PA est deux fois plus important que TUB ; ces relevés sont situés à proximité immédiate de ruptures de pente, qui pourraient avoir une influence.

Le rendement en matière fraîche consommable (TOT) passe par trois paliers successifs :

- un premier palier autour de 9 kg/m², vers l'amont (relevés 3 à 66) ;
- un deuxième palier autour de 6 kg/m², dans la zone de forte rupture de pente (relevés 6 à 9) ;
- un troisième palier autour de 4 kg/m², vers l'aval (relevés 8 à 11).

À peu de choses près, ces trois paliers correspondent aux trois domaines d'organisation et de fonctionnement distingués précédemment :

- TOT est élevé sur les sols épais de la moitié amont, à drainage vertical profond ;
- TOT est intermédiaire sur les sols minces de mi-versant, à drainage principalement latéral ;
- TOT est faible sur les sols hydromorphes de l'aval.

Au sein de chacun des trois domaines identifiés ci-dessus, il existe un effet de compensation : lorsque une placette a un rendement en tubercules TUB plus faible que ceux des autres placettes du même domaine, son rendement en parties aériennes consommables PA est plus élevé que ceux de ces placettes. Au total, le rendement en matière fraîche TOT varie peu au sein de chaque domaine. Cette

Figure 1 - Coupe pédologique schématique (en bas) et rendements en manioc (en haut) sur le transect M.

Figure 1 - Schematic pedological cross-section (bottom) and cassava yields (top) on the M straight line.

Description des horizons :

- tous ces horizons sont riches en sables grossiers
- BG :** brun-grisâtre, sableux, meuble, humecté ;
- BG-Q :** idem, mais riche en graviers de quartz ;
- G :** gris à volumes roux, sableux, meuble, humecté à humide ;
- BJ :** brun-jaunâtre, argilo-sableux, meuble, humecté ;
- BJp-Q :** idem, mais plus pâle et riche en graviers de quartz ;
- B :** brun, sablo-argileux, meuble, humide ;
- JR :** jaune-rougeâtre, argileux, meuble, humecté ;
- TR :** transition à l'altérite, couleur variable, argilo-sableux, assez compact, assez sec ;

ALT : horizon d'altération, couleur variable, argileux, compact, sec ("sec au toucher").

Rendements :

- TUB :** rendement en tubercules frais ;
- PA :** rendement en parties aériennes consommables fraîches ;
- TOT :** rendement en matière fraîche consommable (= TUB + PA).

Les rendements d'une placette sont situés à la verticale du sondage correspondant.

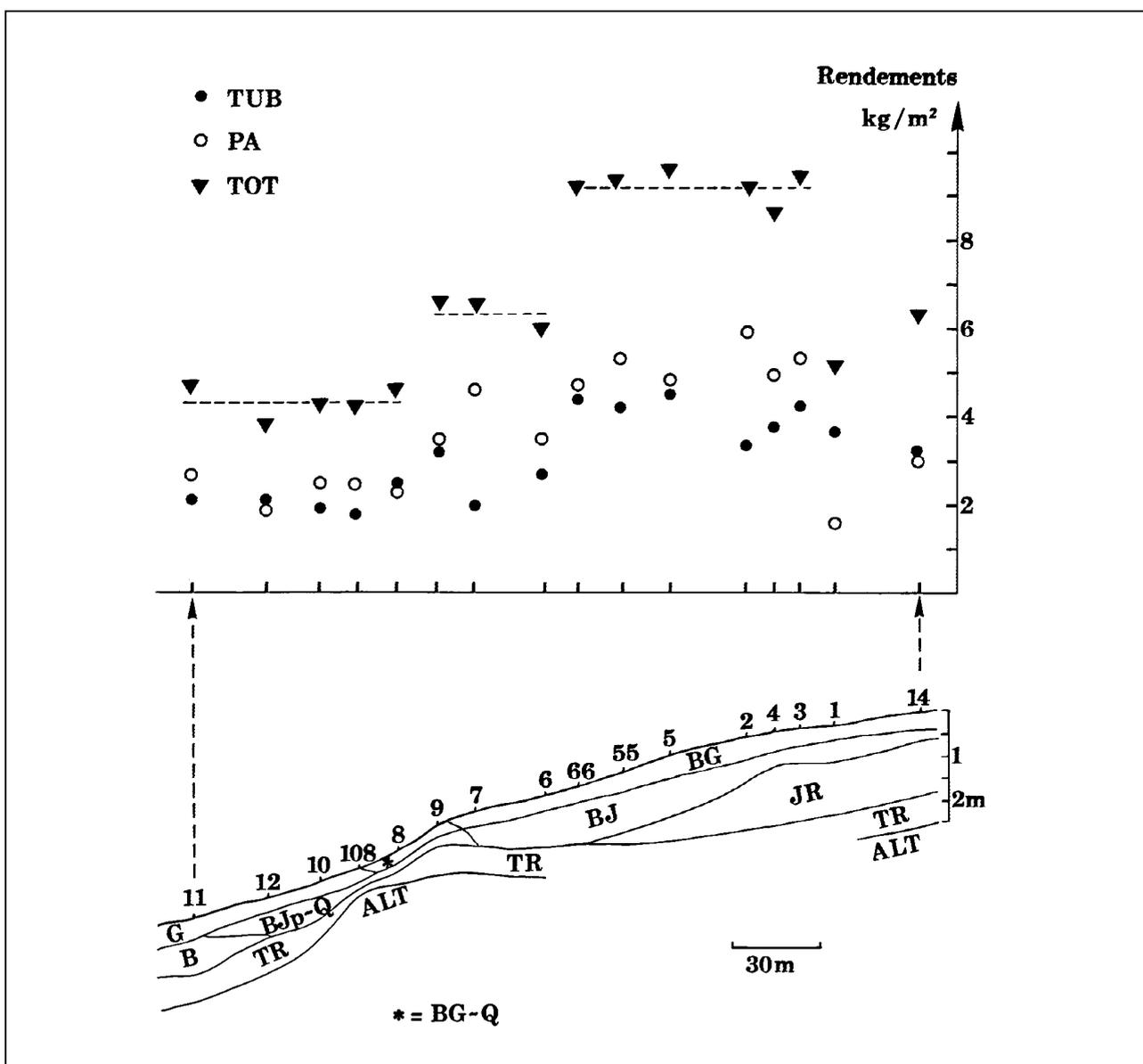


Tableau 1 - Caractéristiques pédologiques et rendements des 23 placettes.**Table 1** - Pedological data and cassava yields (23 plots).

Relevé	Distance talweg m	Pente %	HY m	H	Ptr m	Palt m	TUB kg/m ²	PA kg/m ²	TOT kg/m ²
M3	248	0,90	2,23	1,18	2,00	2,60	4,10	5,30	9,40
M4	231	0,90	2,08	1,31	2,10	2,65	3,67	4,89	8,56
M2	222	1,41	3,13	1,70	2,05	2,60	3,21	5,92	9,13
M5	196	2,01	3,94	1,31	1,80	2,30	4,64	4,80	9,44
M55	180	2,02	3,64		1,50	2,05	4,06	5,26	9,32
M66	165	1,90	3,14		1,30	1,90	4,33	4,76	9,09
M6	153	1,82	2,78	1,00	1,20	1,80	2,52	3,44	5,96
M7	128	1,68	2,15	1,61	0,80	1,30	1,84	4,59	6,43
M9	115	3,23	3,71	0,75	0,50	1,10	3,09	3,48	6,57
M8	102	3,43	3,50	2,25	0,45	0,75	2,31	2,24	4,55
M108	89	2,96	2,63	1,00	0,40	0,50	1,62	2,50	4,12
M10	76	2,20	1,67	2,50	0,75	1,20	1,78	2,45	4,23
M12	58	1,75	1,02	2,50	0,90	1,70	1,95	1,84	3,79
M11	32	1,37	0,44	3,00	1,25	1,90	1,96	2,67	4,63
M'10	41	1,98	0,81	-	0,65	1,70	0,31	1,09	1,40
M'9	108	1,91	2,06	-	0,55	1,70	0,82	1,57	2,39
M'8	146	2,21	3,23	-	0,75	1,60	1,73	1,39	3,12
M'7	181	2,48	4,49	-	0,95	1,70	2,86	2,30	5,16
M'6	198	2,70	5,35	-	0,90	1,70	3,22	3,59	6,81
M'5	225	1,90	4,28	-	0,90	1,70	4,87	3,32	8,19
M'4	279	0,96	2,68	-	1,30	2,10	3,98	4,32	8,30
M14	280	0,50	1,40	-	1,90	2,60	3,16	3,06	6,22
M1	252	1,02	2,57	-	2,00	2,60	3,57	1,58	5,15

HY : indice d'hydromorphie (d'après topographie) ;

H : indice d'hydromorphie (d'après appréciation visuelle) ;

Ptr : profondeur d'apparition de l'horizon TR de transition à l'altérite ;

Palt : profondeur d'apparition de l'altérite ALT ;

TUB : rendement en tubercules frais ;

PA : rendement en parties aériennes fraîches consommables ;

TOT : rendement en matière fraîche consommable (= TUB + PA) ;

- : valeurs non disponibles.

Tableau 2 - Coefficients de corrélation entre rendements et paramètres pédologiques et topographiques (21 placettes).**Table 2** - Correlation coefficients between yields and pedological and topographic parameters (21 plots).

	Palt	Ptr	HY	Ptr et HY
TUB	0,50	0,62	0,56	0,84
	5%	1%	1%	0.1%
PA	0.60	0.79	0.28	0.83
	1%	0.1%	30%	0.1%
TOT	0,59	0,76	0,44	0,88
	1%	0,1%	5%	0,1%

stabilité de TOT au sein d'un domaine ne résulte donc pas de la stabilité des composantes TUB et PA, mais de leurs variations inverses. Le phénomène est particulièrement net pour les relevés 2 et 7.

Corrélations entre rendements et paramètres pédologiques et topographiques

Les résultats présentés concernent 21 des 23 relevés des deux transects M et M' ; les relevés 1 et 14 du transect M ne sont pas pris en considération.

Sur le transect M, il existe une correspondance entre domaines de rendement et domaines pédologiques. Ces domaines pédologiques sont définis en termes d'épaisseur des horizons meubles et humectés, également en termes d'hydromorphie ; on cherchera donc à comparer ces paramètres aux rendements.

Pour les 21 relevés, les valeurs des différentes variables sont présentées au tableau 1 ; les coefficients de corrélation entre rendements et paramètres pédologiques et topographiques sont présentés au tableau 2 (avec les seuils de significativité).

Epaisseur du profil humecté

L'épaisseur des horizons humectés (frais) peut être appréciée par la profondeur d'apparition Palt (en m) de l'horizon d'altération ALT, sec au toucher (ALT n'a pas été atteint à chaque sondage, et Palt a parfois été estimé par interpolation).

Les données présentées dans la première colonne du tableau 2 montrent que la production de matière fraîche est liée à la profondeur d'apparition de l'horizon d'altération, donc à l'épaisseur du profil humecté. Ceci est vrai pour les tubercules, mais plus encore pour les parties aériennes.

TUB : rendement en tubercules frais (en kg/m²) ;

PA : rendement en parties aériennes fraîches consommables (en kg/m²) ;

TOT : rendement en matière fraîche consommable (= TUB + PA, en kg/m²) ;

Palt : profondeur d'apparition de l'horizon d'altération ALT (en m) ;

Ptr : profondeur d'apparition de l'horizon TR de transition à l'altérite (en m) ;

HY : indice d'hydromorphie (d'après topographie).

Pour chaque cellule du tableau, la première ligne donne le coefficient de corrélation (multiple pour la dernière colonne), la seconde ligne donne le seuil de significativité.

Epaisseur du profil meuble

L'horizon de transition à l'altérite, TR, moins humecté et surtout plus compact que les horizons sus-jacents, a été atteint sur tous les sondages. Il présente une morphologie proche de l'altérite proprement dite, ALT, sans être aussi sec et aussi compact. Sa profondeur d'apparition, Ptr (en m), correspond à l'épaisseur des horizons meubles, susceptibles d'être colonisés par les racines.

Les données de la deuxième colonne du tableau 2 indiquent que cette épaisseur de profil meuble Ptr est liée aux rendements, plus que l'épaisseur du profil humecté Palt.

Hydromorphie

L'indice d'hydromorphie HY, établi à partir des données topographiques, semble bien corrélé à l'indice semi-quantitatif d'hydromorphie H (pour douze observations, le coefficient de corrélation est égal à 0.67 ; il est significativement différent de zéro au seuil de 2 %).

Ainsi qu'il apparaît dans la troisième colonne du tableau 2, le rendement en tubercules est lié à l'hydromorphie, exprimée au moyen de l'indice topographique HY. La relation est beaucoup moins nette pour le rendement en parties aériennes.

Epaisseur du profil meuble et hydromorphie

La quatrième colonne du tableau 2 présente les coefficients de corrélation multiple entre les rendements, d'une part, la profondeur d'apparition de l'horizon de transition à l'altérite (Ptr) et l'hydromorphie (HY), d'autre part. Ces coefficients sont élevés, significativement différents de zéro au seuil de 0.1 % ; les rendements sont donc corrélés très étroitement à l'épaisseur du profil meuble et humecté et à l'hydromorphie (appréciée par la topographie). Toutefois,

pour les parties aériennes, la prise en compte de l'hydromorphie, en plus de l'épaisseur du profil meuble, n'améliore guère la corrélation (0.83 avec Ptr et HY, contre 0.79 avec Ptr seul).

DISCUSSION ET CONCLUSION

Le versant étudié comporte trois domaines pédologiques :

- à l'amont, les horizons supérieurs meubles, perméables et humectés sont épais, vivement colorés et riches en argile, au-dessus de matériaux plus secs et plus compacts (horizon de transition à l'altérite et altérite) ; l'eau des précipitations peut drainer en profondeur et constituer d'importantes réserves hydriques ;

- à mi-versant, les horizons supérieurs sont plus minces et les horizons inférieurs, peu perméables, se rapprochent de la surface ; les horizons supérieurs constituent des réserves hydriques plus limitées, et l'eau y draine en partie latéralement ;

- en bas de versant, les horizons supérieurs perméables s'épaississent, deviennent plus sableux, plus ternes, plus humides, et sont fortement marqués par l'engorgement.

La présence d'un niveau compacté à la base de l'horizon cultivé s'accompagne d'un ralentissement du drainage vertical en subsurface, sur l'ensemble du versant semble-t-il.

Les trois domaines d'organisation et de fonctionnement de la couverture pédologique correspondent à trois domaines de rendement du manioc : sur l'un des transects étudiés, le rendement en matière fraîche consommable (tubercules + parties aériennes) est de l'ordre de 9 kg/m² à l'amont, de 6 kg/m² à mi-versant et de 4 kg/m² à l'aval.

Au sein de chacun de ces trois domaines, il existe un phénomène de compensation entre rendement en tubercules et rendement en parties aériennes : l'augmentation de l'un s'accompagne de la diminution de l'autre, leur somme restant presque constante. Ce point est à mettre en relation avec la compétition entre tubercules et parties aériennes pour l'utilisation des produits de la photosynthèse (Silvestre & Arraudeau, 1983).

Le rendement en tubercules frais ainsi que le rendement en matière fraîche consommable (tubercules + parties aériennes) s'avèrent étroitement corrélés :

- d'une part, à l'épaisseur du profil meuble, humecté et perméable ; les textures étant relativement argileuses, cette épaisseur conditionne l'importance des réserves hydriques accessibles aux racines (Humbel, 1978), et donc, la poursuite de la croissance des végétaux après la saison des pluies (sécheresse relative) ;

- d'autre part, à l'hydromorphie (appréciée ici par le biais de la topographie) ; on sait que le manioc est sensible à l'engorgement, qui provoque le pourrissement des tubercules et le ralentissement de la croissance (Silvestre & Arraudeau, 1983).

Le rendement en parties aériennes fraîches consommables est étroitement corrélé à l'épaisseur du profil meuble, humecté et perméable, mais ne dépend guère de l'hydromorphie.

Sur la parcelle étudiée, les rendements en manioc semblent donc fortement dépendants de l'importance des réserves hydriques accessibles aux racines et de l'aération du sol, liée à la topographie : les meilleurs rendements sont obtenus sur des sols peu hydromorphes à horizons meubles et humectés épais. L'influence de la variété de manioc ou de la position de la bouture sur les plants-mères paraît devoir être plus limitée. En conditions chimiques peu limitantes, on peut supposer que ces conclusions sont généralisables aux sols à horizons peu perméables plus ou moins profonds, qui connaissent une large extension en Guyane (Boulet, 1990).

REMERCIEMENTS

Ce travail a bénéficié d'un financement du Conseil Régional de la Guyane.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Béreau M., Boulet R. & Lucas Y., 1984. - Pérennité des prairies à *Digitaria swazilandensis* en Guyane. In : Prairies guyanaises et élevage bovin, les Colloques de l'INRA n° 24. Paris, INRA, p. 219-231.
- Boulet R., 1978. - Existence de systèmes à forte différenciation latérale en milieu ferrallitique guyanais : un nouvel exemple de couverture pédologique en déséquilibre. *Sc. du Sol*, 2 : 75-82.
- Boulet R., 1990. - Organisation des couvertures pédologiques des bassins-versants ECEREX ; hypothèses sur leur dynamique. In : Mise en valeur de l'écosystème forestier guyanais, opération ECEREX. Sarrailh J.M. (dir.). Collection Ecologie et Aménagement Rural, Paris, INRA, et Nogent, CTFT, p. 15-45.
- Boulet R., Humbel F.X. & Lucas Y., 1982. - Analyse structurale et cartographie en pédologie. II. Une méthode d'analyse prenant en compte l'organisation tridimensionnelle de la couverture pédologique. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, XIX (4) : 323-339.
- Boulet R., Godon P., Lucas Y. & Worou S., 1984. - Analyse structurale de la couverture pédologique et expérimentation agronomique en Guyane française. *Cah. ORSTOM, Sér. Pédol.*, vol. XXI (1) : 21-31.
- Boyé M., Cabaussel G. & Perrot Y., 1979. - Climatologie. In : Atlas des départements français d'outre-mer : 4. La Guyane. Paris, CNRS et ORSTOM.
- Choubert B., 1961. - Carte géologique détaillée de la France ; feuille de Mana - St Laurent-du-Maroni et notice explicative. Paris, Ministère de l'Industrie et du Commerce, 15 p. et carte (1/100 000^e).
- CPCS, 1967. - Classification des sols. Grignon (France), Ecole Nationale Supérieure Agronomique, 87 p..
- Guehl J.M., 1984. - Dynamique de l'eau en forêt tropicale humide guyanaise. *Ann. Sci. For.*, 41 : 195-226.
- Humbel F.X., 1978. - Caractérisation, par des mesures physiques, hydriques et d'enracinement, de sols de Guyane française à dynamique de l'eau superficielle. *Sc. du Sol*, 2 : 83-94.
- Lucas Y., Boulet R. & Domeny A., 1981. - Country report - French Guiana ; Regional Workshop on the Management of Low Fertility Acid Soils of the Humid American Tropics. Paramaribo (Suriname), 23-26 novembre 1981, 10 p..
- Silvestre P. & Arraudeau M., 1983. - Le manioc. Paris, Maisonneuve & Larose et ACCP, 262 p..
- Turenne J.F., 1973. - Carte pédologique de Mana - St Laurent sud-ouest et sud-est; notice explicative n°49. Paris, ORSTOM, 100 p. et carte (1/50 000^e).
- Veillon L., 1990. - Sols ferrallitiques et podzols en Guyane septentrionale ; relations entre système de transformation pédologique et évolution historique d'un milieu tropical humide et forestier. Thèse doct. Paris VI, 195 p.