

69- RD

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
Tanindrazana - Tolom-piavotana - Fahafahana

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
APPLIQUE AU DEVELOPPEMENT RURAL

DIVISION AGRONOMIE

PROGRAMME " SYSTEMES DE FUMURE "

REPRISE DE L'EXPERIMENTATION SUR LA FUMURE DU MANIOC

SUR LES HAUTES TERRES

RESULTATS AMPANGABE 1976 - 78

MARS 1980

ARRIVETS Jacques

RAZAFINDRAKOTO Jules

S O M M A I R E

- Résumé
- 1- Présentation
- 2- Milieu d'expérimentation et dispositif
- 3- Résultats
 - 3.1
 - 3.2
 - 3.3
- 4- Discussions et conclusions
- Annexes 1, 2 et 3
- Bibliographie
- Fiches bibliographiques

Résumé

L'expérimentation sur la fumure du manioc a été reprise sur une "tanety" proche de Fananative représentative pour la zone centrale des Hautes Terres: sols ferrallitiques très désaturés sur socle granitique :

Deux cas ont été envisagé :

1- culture de type industriel avec forte fumure strictement minérale et variété sélectionnée hautement productive; sur sol à fertilité "redressée".

2- culture de type familial, avec fumure minérale faible et éventuellement organique (à la dose de 5t de fumier par ha) et variété "locale" appréciée pour la consommation directe; sur défriche.

Dans les deux cas on a constaté la bonne efficacité de la dose 90 unités d'azote (sous forme d'urée) et l'inutilité des apports d'oligoéléments.

L'effet des autres éléments n'était étudié que dans le 2ème cas sur culture de défriche: les deux principaux facteurs limitants sont par ordre d'importance: K puis P. La dolomie aux doses de 500 ou 2000 kg / ha "marque" très peu en première année et le fumier, à la dose de 5t de "poudrette de parc" par ha n'entraîne aucun supplément de récolte.

Les mobilisations minérales ont été mesurées à la récolte sur un certain nombre de traitements. Les résultats correspondants aux situations standard des 2 "systèmes" sont rapportés dans le tableau ci-dessous :

Système Variété (cycle)	Production t / ha	Eléments en kg / ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Fumure NPK, dolomie						
Intensif	bois (25t)	2,2	0,3	3,1	2,5	0,4
H 54 (24 mois)	racines (40t)	2,3	0,3	3,7	1,2	0,6
100-60-100, 500 †	Total	4,5	0,6	6,8	3,7	1,0
Familial	bois (14t)	5,8	0,2	1,7	2,0	0,9
Madras (18 mois)	racines (14t)	2,2	0,2	1,7	0,7	0,4
45-60-60, 500 ††	Total	8,0	0,4	3,4	2,7	1,3

Ampangabe, 1976-78 : tableau récapitulatif des mobilisations minérales standard (en kg de chaque élément) pour produire 1 tonne de racines fraîches et les bois correspondants (humidité 66 %).

† sur sol ayant reçu une fumure de "redressement de la fertilité" avec de fortes fumures d'entretien

1- Présentation

Dans une première étape de l'étude des "systèmes de fumure " sur tanety, entre 1973 et 1976, on utilisait le maïs comme seule plante-test sur l'ensemble du dispositif expérimental. Bien adaptée au climat (avec des rendements atteignant 8t de grains / ha), bien connue au point de vue de ses mobilisations minérales c'était la culture idéale pour caractériser les interactions entre le sol et la fumure.

L'étape suivante consiste à étudier la réponse aux engrais des différentes cultures envisagées dans le système de production; en premier lieu des principales cultures pratiquées dans la région à savoir pour le tanety, outre le maïs : le manioc * et des légumineuses (haricot, voandzeia, arachide).

N.B. En pratique les paysans cultivent les trois en association. Par exemple :

Les boutures de manioc et les poquets de maïs - haricot alternent dans le désordre sur la parcelle. La plantation et le semis ont lieu au début de la saison des pluies avec comme fumure une poignée de fumier de parc à chaque poquet de maïs et haricot. Après la récolte de ces deux espèces, en fin de saison de pluies, le manioc occupe seul le terrain pendant 16 à 20 mois, utilisant le reliquat du fumier. Il sera récolté en général à la fin de la 2ème saison sèche, soit après 24 mois (voir figure page)

Le développement du manioc, faible au cours des premiers mois, ne gêne pas celui des cultures associées, lesquelles par ailleurs assurent une couverture du sol pendant la première saison des pluies. Le principe doit être conservé dans un système plus intensif.

* C'est de loin la principale culture de tanety autour de Tananarive. Elle y serait pratiquée d'ailleurs depuis plus longtemps qu'on ne le croyait en provenance de l'Afrique de l'Est via le Nord-Ouest de Madagascar (Kent, 1969) et non de 1970 en provenance de l'île Maurice (Cours. G. , 1951).

L' I.R.A.M. , puis le FO.FI.FA. ont constaté, sur des parcelles de comportement à Ampangabe, qu' une légumineuse [≠] cultivée entre les rangées d'un manioc nouvellement planté produisait à peu près autant qu'en culture pure d'une part et d'autre part ne semblait pas entraîner une baisse de rendement sur le manioc lui-même. Voir annexe 1. La production de manioc (variété H 54) était de l'ordre de 30t de racines vertes par ha.

N.B. Dans cette expérimentation le manioc était planté à 1m X 0,5m fin Novembre et récolté en Octobre, 2 ans après, avec comme fumure d'entretien ~~≠~~ :

- 60 à 90 kg P₂O₅ /ha au labour avant plantation
- 50 N + 50 K₂O en couverture 2 mois plus tard (mi-Janvier)
- 50 N + 50 K₂O en couverture fin Novembre suivant.

La légumineuse était semée à 30cm X 20 (ou 10)cm entre les lignes de manioc et profitait de la fumure de celui-ci.

On voit également du manioc en culture pure paysanale. Il peut alors être planté en fin de saison des pluies, à partir de mi-Février jusqu'en Mars - Avril, et même en Juillet. (Dufournet, Goarin, 1957). La date de bouturage étant fonction du temps disponible par les travaux en rizière. Il ne serait alors parfaitement mûr que deux ans après. D'après un dictionnaire malgache " il faut au manioc trois saisons de pluies : la 1ère pour planter, la 2ème pour pousser la 3ème pour récolter ". C'est finalement équivalent à ce que rapporte Cours (1951) : " Les planteurs des plateaux estiment que pour parfaire son développement, le manioc doit subir les effets de deux saisons de pluies. Pour cette raison, on le laisse 2 ans en terre ". Mais il peut être arraché dès la fin de la 2ème saison sèche, soit après 18 mois de cycle si nécessaire (mauvaise récolte du riz).

Remarque : Le manioc arraché à ce stade doit être consommé aussitôt, il se conserve très mal (alors qu'un manioc de 18 mois planté en Novembre, récolté en Mai pourrait se conserver).

[≠] Outre les 3 légumineuses précitées : haricot, arachide, voandzeia, le soja a été testé avec succès.

~~≠≠~~ Le sol avait reçu sur défriche une fumure de "redressement " (voir page) et tous les 3 à 4 ans une fumure Ca - Mg d'entretien.

C'est une plante de soudure remarquable qui peut être aussi bien conservée en terre après maturité qu'utilisée avant, selon les besoins; avec certaines pertes bien entendu.

Autre avantage pour le paysan, elle s'accommode exceptionnellement bien de la pauvreté des sols de tanety, particulièrement en phosphore "assimilable" et peut produire 5t de racines/ha, en l'absence de toute fumure. Alors que dans les mêmes conditions le rendement en maïs grain est réellement nul.

Il existe quelques cultures industrielles sur les Hautes Terres, concentrées dans la région de Moramanga et du Lac Alaotra, à une altitude relativement basse, et d'ailleurs en nette régression. On y recommandait d'enfouir avant culture un engrais vert de 12 à 20 mois (Crotalaria, Téphrosia ou Vigna sinensis) avec un apport complémentaire de 40 t par ha de fumier, 120 - 150 kg de potasse et parfois 52 - 112 kg P₂O₅ par ha (Dulong, 1970). L'expérimentation ayant conduit à ces formules est ancienne, on croyait à l'époque que la mise en valeur des tanety exigeait l'emploi des fortes doses de fumier. Depuis l'I.R.A.M. a montré, dans les années 60 (Roche P.) que l'on pouvait y parvenir avec une fumure strictement minérale, pourvu qu'elle soit complète (N, P, K, Ca, Mg) et très élevée sur la défriche : fumure dite de " redressement " : 2t de dolomie + 1t d'HyperReno + 500 kg KCL par ha outre l'azote.

Pour les besoins de l'expérimentation "systèmes de fumure " on peut proposer une rotation triennale de base :

- 1- manioc + arachide (ou soja)
- 2- manioc (2ème année)
- 3- maïs

Après l'étude de la fumure du maïs on se propose de voir dans un premier temps celle du manioc en culture pure. Les deux principaux " systèmes " sont considérés :

- Production industrielle :

Sur de grandes exploitations, avec recherche du rendement maximum économique, la fertilisation est strictement minérale et peut être très élevée si elle est rentable. La récolte serait destinée à la féculerie, ou l'alimentation animale, les qualités organoleptiques des variétés importent moins que leur productivité

- Production familiale :

Sur de petites surfaces avec des fumures minérales aussi faibles que possible et apport éventuel de 5t/ha de fumier de parc. La récolte serait destinée

Mesure	mois											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
H	284	186	241	42	-----	66	-----	46	170	364		
tm	16,4	16,4	16,1	14,5	11,8	10,2	9,5	9,6	10,7	12,4	14,7	16,1
tM	25,4	25,6	24,8	24,2	22,1	20,7	19,7	20,4	22,7	24,8	26,0	25,5
It	396	347	371	344	341	323	337	349	353	380	379	401
I _R	200	168	216	219	224	204	205	229	240	259	233	206

Tableau 1 - Tananarive Sc 01 (altitude 1310m, latitude 18°54)
 pluviométrie (H en mm), température minimum (t en d°C)
 et maximum (tM), ensoleillement théorique (It en heu-
 res et 1/10°) et réel (I_R). Moyennes mensuelles
 d'après Donque.

2- Milieu d'expérimentation et dispositif

2.1 - Le milieu

L'étude a été conduite à Ampangabe, à 20 km de Tananarive, station qui peut être considérée au point de vue sols et climat comme représentative de la zone centrale des Hautes Terres, sur socle granitique. L'altitude, m, est proche de la limite supérieure (1400m) que l'on donne pour la culture du manioc à Madagascar. Au dessus les températures seraient trop basses et allongent exagérément le cycle, le manioc est remplacé par la patate douce.

Remarque : Pour une même variété, telle que H 54 qui est adaptée à presque toutes les écologies de l'île (Chatel, 1973), le cycle est de 10 - 12 mois sur les côtes (Ambanja, Tamatave, ...) et 18 - 24 mois à Tananarive.

2.1.1 - Le climat

Le climat classé tropical d'altitude comprend en gros deux saisons :

- saison chaude et pluvieuse : Novembre - Avril

- saison fraîche et sèche : Mai - Octobre

voir tableau 1 figure 1

L'excès des précipitations en saison des pluies est générateur d'un fort drainage : les risques de pertes d'éléments fertilisants par lixiviation sont importantes.

2.1.2 - Sols

Les sols, ferrallitiques très désaturés typiques, profonds d'une quinzaine de mètres portent, en friche, une savane très dégradée. Leur texture argilo-sableuse (25 % Argile + 25 % limon) en surface est un peu plus grossière (Sablo argileuse) en profondeur (17 % d'argile + 10 % Limon à 1m). La teneur en matière organique (0 % X 1,7) passe de 2,5 en surface à 0,5 à 1m progressivement. La structure est poreuse; le sol est bien aéré et draine vite. Les éléments colloïdaux minéraux sont du type à charge variable : kaolinite et gibbsite (avec SiO_2 / Al_2O_3 de l'ordre de 0,8 en surface). Si les teneurs en phosphore total sont assez importantes, les quantités de phosphore " débile " sont très faibles (P Olsen = 15 ppm en surface). Les bases échangeables dans l'horizon superficiel passent de :

0,3 me /100g de Ca - 0,04 de Mg et 0,04 de K sous friche

à 2,2 me / 100g de Ca - 0,8 de Mg et 0,18 de K dans sol bien fertilisé.

Parallèlement le pH eau passe de 4,9 sous friche à 6,4 sous culture.

FIG. 1 CYCLES DU MANIOC SUR LES HAUTES TERRES

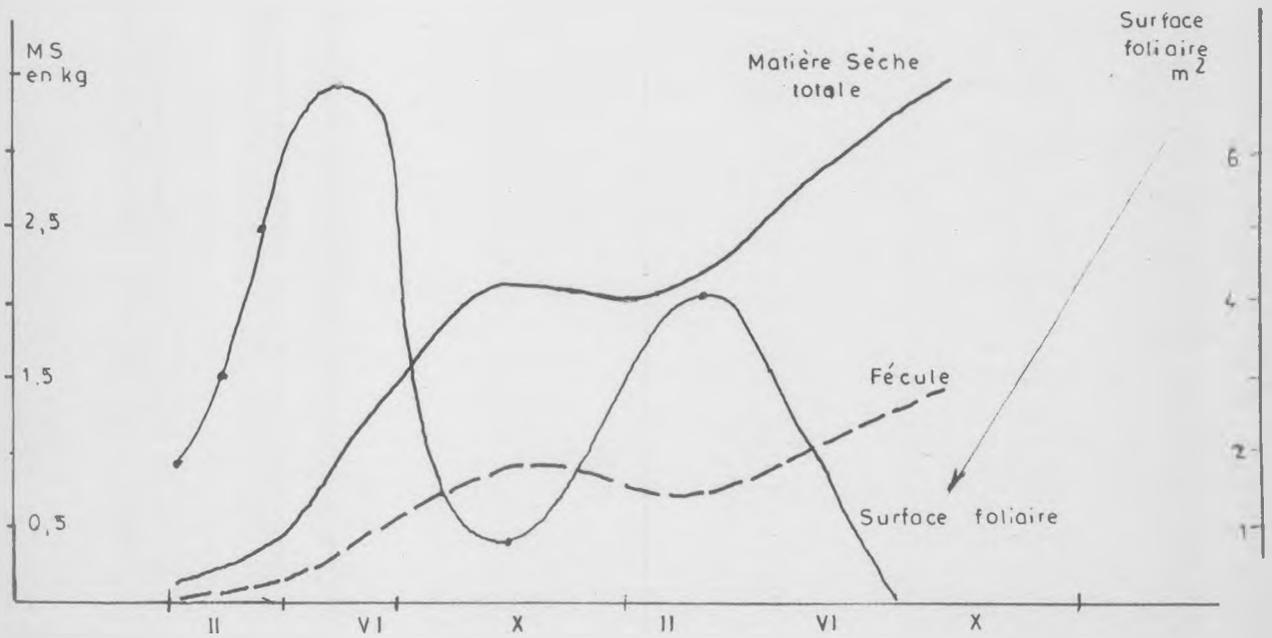
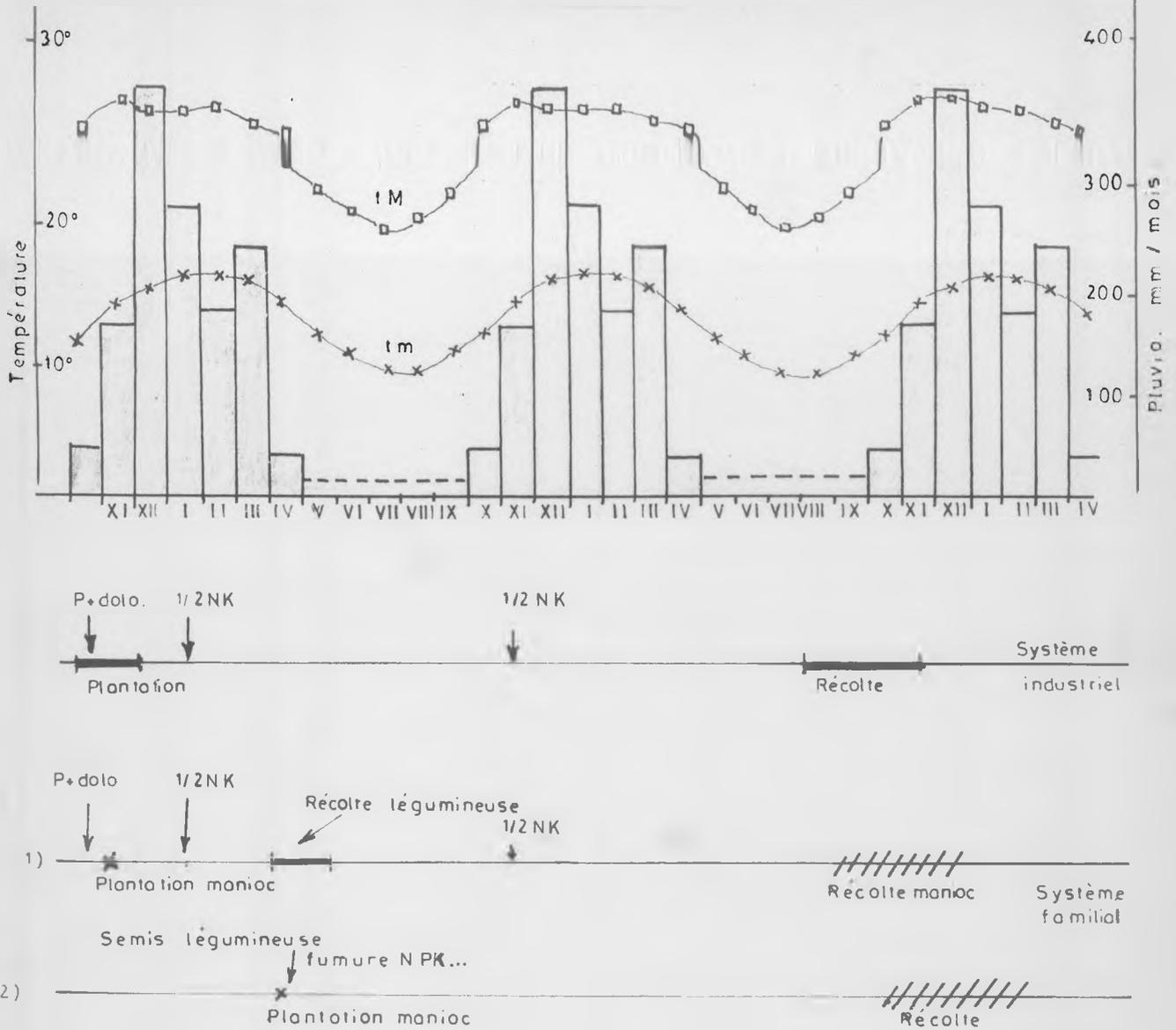


FIG. 1' FORMATION DE MATIERE SECHE (d'après Cours G. 1951)

Les parcelles expérimentales sont installées en sommet des collines, sur terrain pratiquement plat où le ruissellement est nul.

2.1.3 - Plante

On a utilisé l'hybride H 54 pour le cas de la production industrielle. C'est une variété à double fin, féculerie et consommation, à racine demi-douce, convenant aux sols bien drainés (Guilloteau, 1966 - Chatel, 1973). Dans le cas de la production familiale on a planté la variété Madarasy (Madrás) appréciée des consommateurs, à défaut de l'hybride H 53 plus productif.

Dans la culture de type industriel plantée sur sol fertilisé à 0,8m X 0,9m mi- Novembre 1976 et récoltée 24 mois plus tard, on a conservé la méthode de fumure utilisée par l'I.R.A.M. : 300 kg P₂O₅ par ha au labour, N et K épandus en couverture pour moitié au 2ème mois, pour moitié au 12ème mois, en y ajoutant de la dolomie et de la nutramine enfouis en même temps que le phosphate.

Le fractionnement de N et K est adaptée au mode de croissance tel qu'il a été décrit par G. Cours (1951) pour la région de Lac Alaotra :

" La première année, l'accumulation de fécule commence alors que les racines, le système foliaire et les bois sont en plein développement. Au premier Janvier, 3 mois après la plantation, 12 % des matières élaborées sont déjà utilisées à la formation des réserves. L'activité végétative ne s'arrête pas complètement en hiver, une partie de feuillage subsiste. Au début de la 2ème année de croissance, la plante installe d'abord son système foliaire. Au 1er Novembre et 1er Décembre, la totalité des substances élaborées sont utilisées à la formation des feuilles. Le développement des bois suit et l'accumulation des féculs ne commence que lorsque le système foliaire est complètement installé.

Dès la fin de l'été, le feuillage disparaît en totalité " - voir figure 1' -

La culture familiale a été bouturée à la fin de la même saison de pluies (début Avril 1977) à 0,8m X 0,5 m, et récoltée à la même époque que la précédente donc dans ce cas après 18 mois de cycle.

2.2 - Le dispositif comprend :

2.2.1 - Pour la production industrielle, deux essais cultivés en maïs depuis plusieurs années avec fumure minérale d'entretien annuelle après fumure initiale de " redressement ". Les rendements du maïs était de 50 - 60 qx de grains par ha.

i/ Essai courbe de réponse à l'azote :

6 traitements : doses croissantes d'azote :

0-45-90-135-180-225 kg N /ha; avec 6 répétitions.

Les parcelles élémentaires font 56m² . La fumure uniforme est de 60 P₂O₅ , 100 K₂O , 500 KG dolomie et 20 kg de Nutramine.

ii/ Essai oligo-éléments

6 traitements : apports d'oligo-éléments, Bore, Zinc, Cuivre, Manganèse; avec 6 répétitions - Les parcelles élémentaires font 25m² . La dose uniforme d'azote est de 180 kg / ha et pour les autres éléments principaux telle que pour i/

2.2.2 - Pour la production familiale, deux essais complémentaires mis en place sur défriche.

i/ Essai soustractif N, P, K, Ca, Mg, S et oligo-éléments (globalement apportés par 20 kg de Nutramine) avec fumure strictement minérale à dose moyenne : n = 45, p = 60 P₂O₅ , k = 60 K₂O , dolomie 500 kg par ha. Il y a 4 répétitions complètes de 10 traitements, avec des parcelles élémentaires de 48m²

ii/ Essai factoriel : 2 doses N X 2 doses P X 2 doses K X 2 doses dolomie X (0-5t fumier) soit 32 traitements; avec 2 répétitions complètes en sous blocs de 8 traitements. Les parcelles élémentaires font également 48m² .

Les deux niveaux auxquels sont apportés les engrais minéraux correspondent aux doses moyennes utilisées dans le soustractif et aux doses de "redressement " définies par l'I.R.N.M. :

P = 300 kg P₂O₅ (1t a'HyperReno)

K = 300 kg K₂O (600 kg Sulfate)

et 2 tonnes de dolomie / ha

Pour l'azote on a retenu N = 90 kg / ha (forme urée). Le fumier utilisé était de la poudrette de parc.

Dans les deux cas, la totalité des engrais a été épandue avant la reprise du labour pour la plantation.

N.B. Le labour initial avait été effectué un an auparavant.

3- Résultats

3.1 - Conditions climatiques

Les principales données climatiques pour la période sont rapportées dans le tableau 2 et représentées dans la figure 2 au regard des principales opérations culturales.

Le drainage est celui que l'on a mesuré sous maïs dans les lysimètres d'Ampangabe - il est donné à titre d'indication de l'importance de ce facteur. Dans la figure 2, la hauteur totale des rectangles correspond à la pluviométrie mensuelle et la partie inférieure à l'axe horizontale (temps) ce qui en est perdu par drainage.

Saison	Mois												
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
76-77	H	114	471	143	301	368	18	63	1	-	1	1	55
	D	48	334	61	166	228	-	-	-	-	-	-	-
	tm	-	16	17	17	17	15,5	13,5	11	9,5	11,5	7,5	14
	tM	25,5	25	24,5	23,5	25	23	23	20	19,5	21	22,5	26,5
77-78	H	138	103	285	160	133	59	1	13	23	-	12	22
	D	22	31	122	27	67	-	-	-	-	-	-	-
	tm	15	16	16,5	17	16	15	12	10,5	10	8,5	12	13,5
	tM	27,5	28	28,5	28	25	26	24	22	21	22,5	28	28,5

Tableau 2 - Ampangabe, données climatiques 1976-78
 pluviométrie (H en mm), température minima (tm) et maxima (tM), moyennes mensuelles en d° Celsius.

Les variations de température sont faibles d'une saison à l'autre, les minima et maxima restent voisins des moyennes données pour Tananarive.

Par contre les précipitations sont très différentes : 1425 mm pendant la saison 76-77 (Novembre à Avril inclus), 878 mm en 77-78 pour une moyenne de 1287 mm à Tananarive.

Mais la figure 2 permet de voir que la quantité d'eau disponible pour la plante est à peu près la même. Les pluies sont globalement en excès, excès variable qui draine. Finalement les conditions climatiques sont assez stables pour une culture à demi perenne avec enracinement assez profond comme le manioc.

3.2 - Production " industrielle "

Les résultats et observations détaillées concernant les cultures sont reportées dans les annexes 2.

3.2.1 - Fumure azotée : la production en tonnes de racines fraîches par ha obtenue dans l'essai courbe de réponse montre que la fumure azotée est intéressante à la dose 90 kg N par ha. Le supplément de production est alors de 8t par ha (soit environ 90 kg de racines fraîches par kg d'azote).

Fumure N(kg/ha)	0	45	90	135	180	225
Production t/ha	31	27,5	39	39	42	38

L'effet des traitements est statistiquement significatif au seuil de 1 % (avec un coefficient de variation de 16 %). Nous ne savons pas expliquer l'apparent effet dépressif de la 1ère dose.

N.B. Le témoin absolu, sans aucune fumure, n'a produit qu'une tonne de racines par ha. Sur ce traitement le % de plants manquants était de 75 % contre 7 % sur les autres parcelles en moyenne.

On remarque le bon rendement déjà atteint sur le témoin sans azote : 30 t/ha.

3.2.2 - Effet des oligo-éléments

La production de l'essai oligo-éléments est très voisine de celle de l'essai précédent sur les traitements avec N.

T1 = témoin NPK dolomie	:	39t	de racines fraîches/ha
T2 = T1 + Bore	:	39,5t	" "
T3 = T2 + Zinc	:	40t	" "
T4 = T3 + Cuivre	:	39t	" "
T5 = T4 + Manganèse	:	38t	" "
T6 = T1 + Nutramine	:	41t	" "

Les différences entre traitements ne sont pas statistiquement significatives (avec un coefficient de variations de 8 %). Rendement moyen : 39,5 t de racines par ha.

La production de tiges est en moyenne de 2,4 t /ha de bois, sans effet des traitements.

3.2.3 - Exportations minerales

A la récolte de l'essai oligo-éléments un plant entier a été prélevé sur chaque parcelle des traitements T1 et T6. La production estimée à partir de ces échantillons est très voisine de celle que l'on a mesuré à partir des parcelles utiles : 40,5 t de racines fraîches et 31 t de tiges. Avec des teneurs en eau respectivement de 68 % dans les racines et 63 % dans les tiges. Ces échantillons ont été analysés par le Laboratoire du Département de Technologie du CANADIEN, qui a trouvé en moyenne pour les 6 répétitions et les deux traitements :

Partie	Eléments							
	N	P	K	Ca	Mg	SiO ₂	Fe ppm	Bore ppm
Tiges (bois)	1,05	0,15	1,50	1,20	0,20	0,20	270	5,5
Racines	0,7	0,09	1,1	0,37	0,19	0,17	283	2,2

Tableau 3 - Ampangabe, essai Oligo-éléments, 1976-78, composition minérale moyenne de la variété H 54, en % de la matière sèche (Laboratoire D.R.C.T.M.H.)

On en déduit que la récolte de 40 tonnes de racines fraîches (2/3 H₂O) exporte en moyenne, avec 25 tonnes de tiges :

Dans	N	P	K	Ca	Mg
Les tiges	87	13	125	100	17
Les racines	93	12	145	50	25
Au total	180	25	270	150	42

Tableau 4 - Mobilisations minérales du manioc H 54 pour 40 t de racines fraîches par ha

Les mobilisations dans les tiges sont voisines de la moitié du total pour N, P, K et Mg et des deux tiers du total pour Ca.

3.3 - Production familiale

La récolte ayant eu lieu après 18 mois de culture, les racines n'étaient pas encore parfaitement mûres. Cela explique en partie la médiocrité des rendements, indépendamment de l'effet défriche " et de la productivité moindre de la variété Madras par rapport à H 54. Les résultats détaillés sont rapportés dans les annexes 3.

3.3.1 - Essai soustractif

La production, en tonne de racines fraîches ($2/3 H_2O$) par ha, obtenue dans l'essai soustractif est la suivante :

Traitements	FC #	FC	FC	FC	FC	FC	FC
	npk..	-n	-p	-k	-dolo	-soufre	-OE ***
Production	14	13	11,5	10	13 ⁺	14,5	14,5

avec aussi - témoin absolu : 7,5 t racines / ha

- 5t de fumier : 8 t racines / ha

FC = Fumure Complete

*** OE = Oligo-éléments (Nutramine)

L'effet global de la fumure minérale NPK dolo- mie est très net, le rendement double. La déficience la plus grave est celle en potasse, puis vient celle en phosphore. On vérifie l'aptitude du manioc à utiliser, le phosphore de ces sols, habituellement considéré comme bloqué. Les apports en soufre et d'oligo-éléments sont sans effet sur la production. La fumure strictement organique, à la dose de 5t de "pouquette " à l'hectare, ne " marque " pas.

3.3.2 - Essai factoriel

La production, en tonne de racines fraîches, y est la suivante :

Fumier (fu) et Dolomie (d,D)	Engrais N, P, K							
	npk	Npk	nPk	NPk	npK	NpK	nPK	NPK
d	13,5	16,5	13,5	14,5	14,0	14,5	14,0	16,5
D	13,5	17,0	14	17,0	16,0	16,0	14,5	18,5
fu . d	13,5	17,0	13,5	16,5	14,0	15,5	14,0	17,5
fu . D	14,0	17,5	14,5	17,0	16,5	16,5	14,5	19,0

L'inefficacité de la faible dose de fumier (5t/ha) en première année se confirme. Les doses de "redressement" en phosphore, potasse et dolomie n'entraînent pas de suppléments de production rentable sur cette première culture après défriche. La forte dose d'azote (90 kg N) augmente les rendements de 2 à 25 tonnes de racines fraîches en moyenne par rapport à la dose faible (45 kg N).

On note que le traitement npkd (doses faibles) a bien un rendement très voisin de celui de traitement correspondant (fumure complète) dans l'essai soustractif.

Essai	Traite- ment	Racines					Tiges				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
2.1	T00	1,02	0,04	0,27	0,14	0,18	2,15	0,03	0,92	0,56	0,43
	pkd	0,77	0,04	0,56	0,12	0,13	1,95	0,04	0,57	0,65	0,35
	nkd	0,61	0,04	0,52	0,15	0,09	2,1	0,01	0,74	0,58	0,53
	npd	0,97	0,05	0,16	0,14	0,16	2,2	0,05	0,35	0,62	0,44
	npkd	0,81	0,04	0,40	0,14	0,16	2,0	0,03	0,51	0,62	0,35
2.2	npkd	0,49	0,06	0,60	0,25	0,11	1,47	0,06	0,54	0,65	0,19
	Npkd	0,60	0,06	0,49	0,23	0,08	1,62	0,06	1,20	0,78	0,14
	NPKd	0,56	0,07	0,62	0,30	0,08	1,57	0,06	1,31	0,65	0,16
	npkD	0,45	0,06	0,45	0,27	0,11	1,72	0,05	1,00	0,65	0,14

Tableau 5 - Ampangabe 2, 1977-78, Composition minérale du manioc (variété madras). Laboratoire D.R.C.T.M.H.

Essai soustractif (2.1) moyenne de 4 répétitions.
Essai factoriel (2.2) moyenne de 2 répétitions.

avec fumure minérale moyenne : n= 45 kg d'azote, p= 60 P₂O₅, k= 60 K₂O, d= 500 kg dolomie / ha

avec fumure minérale forte : N= 90kg d'azote, P= 300 P₂O₅, K= 300 K₂O, D= 2t de dolomie par ha.

3.3.3 - Mobilisations minérales :

La composition minérale des plants pour un certain nombre de traitements des deux essais a été déterminée par le Laboratoire du D.R.C.T.M.H. sur un échantillon par répétition.

Pour la silice les teneurs moyennes sont de l'ordre de 0,2 % de la matière sèche dans les tubercules et les tiges; pour le fer, elles seraient de l'ordre de 250 ppm (tubercules et tiges) et pour le Bore de 2,6 ppm dans les tubercules et 5,3 dans les tiges. Pour les éléments les plus importants, voir tableau 5, on observe des teneurs nettement plus faibles que dans la variété H 54 sauf celle en azote des tiges.

Sur le traitement fumure faible complète (npkd) commun aux deux essais, les différences entre les deux séries de résultats sont assez importantes en ce qui concerne l'azote.

On a en moyenne :

Partie	élément en % de la M.S.				
	N	P	K	Ca	Mg
Tiges	1,75	0,05	0,52	0,62	0,27
Racines	0,65	0,05	0,50	0,20	0,13

A quoi correspond des exportations minérales, pour une production de 14 tonnes de tubercules fraîches ($\frac{2}{3} H_2O$) et de la même quantité de tiges (estimation) :

Dans	élément en kg / ha				
	N	P	K	Ca	Mg
Les tiges	81	2,5	24	29	13
Les racines	30	2,5	23	10	6
Au total	111	5,0	47	39	19

La principale différence avec la variété H 54 porte sur les mobilisations en azote. Elle provient :

- du rapport poids de tiges / poids de racines plus élevé dans le cas de la variété Madras.
- du pourcentage plus fort d'azote dans les tiges de la variété Madras.

insuffisance d'azote et d'humidité pour
Cela semble deux signes concordants de l'incomplète
maturité de la variété Madras au moment de la récol-
te plutôt qu'une caractéristique variétale. Il est
probable qu'un transfert d'azote des tiges vers les
racines aurait eu lieu à un stade plus avancé.

Discussion et conclusions

La composition minérale des deux variétés H54 et Madras est assez différente ainsi que leur rapport poids de tiges sur poids de racines, tableau 6, ce qui avait été observé auparavant sur d'autres variétés (Dufournet, Goarin, 1957). De plus elles étaient ici cultivées dans des conditions de fertilité extrêmes et récoltées à des stades de développement différents .

Variété	Récoltée à	Production t/ha [¶]	% de la matière sèche				
			N	P	K	Ca	Mg
H 54	24 mois sur sol fertile	Bois : 25	1,05	0,15	1,5	1,2	0,2
		Racines:40	0,7	0,09	1,1	0,37	0,19
Madras	18 mois sur défriche	Bois : 14	1,75	0,05	0,52	0,62	0,27
		Racines:14	0,65	0,05	0,50	0,20	0,13

¶ de matière fraîche (à $\frac{2}{3}$ H₂O)

Tableau 6 - Ampangabe, 1976-78, mobilisations minérales moyennes du manioc - éléments de calcul.

Si la composition des racines est voisine pour N et P, les écarts sont considérables pour K, Ca, Mg; de l'ordre du simple au double entre les récoltes sur défriche et celles sur sol fertile. Sur les tiges, on constate le même phénomène pour K et Ca et au surplus pour N et P.

On compare en réalité 2 systèmes de production et non des variétés. Les exportations correspondantes sont rapportés dans le tableau 7 pour une tonne de produit (racine fraîche) et le tableau 8 pour le rendement moyen observé sur chacun des deux systèmes.

Système (variété)		éléments				
		N	P	K	Ca	Mg
Intensif (H 54)	Bois	2,2	0,3	3,1	2,5	0,4
	Racines	2,3	0,3	3,7	1,2	0,6
	Total	4,5	0,6	6,8	3,7	1,0
Familial (Madras)	Bois	5,8	0,2	1,7	2,0	0,9
	Racines	2,2	0,2	1,7	0,7	0,4
	Total	8,0	0,4	3,4	2,7	1,3

Tableau 7 - Mobilisations minérales en kg/ha pour 1tonne de racines fraiches et les bois correspondants.

Système fumure N-P ₂ O ₅ -K ₂ O - Dolomie		éléments				
		N	P	K	Ca	Mg
Intensif 100-60-100-500kg + reliquats	Bois	87	13	125	100	17
	Racines	90	12	145	47	24
	Total	177	25	270	147	41
"Familial " 45-60-60-500kg	Bois	81	2,5	24	29	13
	Racines	30	2,5	23	10	6
	Total	111	5	47	39	19

Tableau 8 - Mobilisations minérales à 1'ha, en système intensif (40t racines fraiches/ha) et extensif (14 t de racines fraiches), en kg/ha.

Remarque : 100 kg de dolomie locale à 25 - 30 % CaO et 17 % MgO fournissent environ 20 kg Ca et 10 kg Mg.

Dans les deux cas le bilan est gravement déficitaire si l'on exporte les bois. Encore ne fait-on pas intervenir les pertes par lixiviation, non évaluées mais certainement pas négligeables au cours de la 1ère saison, à pluviométrie plus élevée que la moyenne, quand la pente était encore peu développée. Il faut donc restituer au sol les résidus de récolte. Si cela ne présente pas de trop grandes difficultés en culture industrielle [⊗], c'est un problème en culture traditionnelle ^{⊗⊗}.

En système intensif même si l'on restitue les résidus de récolte, le bilan reste très négatif pour la potasse. C'est un élément très important chez les plantes à racines ou tubercules pour l'accumulation des réserves. Mais n'y a-t-il pas ici consommation de luxe? Si les données de Cours (1951) sont encore supérieures aux nôtres sur ce point, celles de Dufournet et Goarin (1957) sont très inférieures.

Une expérimentation, en combinant doses et fractionnement est à envisager dans le cas de la fumure strictement minérale.

Remarque : Sur les plantations industrielles de l'axe Alaotra - Moramanga l'apport de 20 - 50 t /ha de fumier, engrais riche en potasse le plus souvent, en fournissait suffisamment à l'ordinaire.

Une expérimentation analogue portant sur Ca et Mg, éléments très mobiles, comme la potasse, donc sujets au lessivage compléterait logiquement la précédente.

Compte tenu du rendement insignifiant du témoin absolu, le coefficient d'utilisation apparente des engrais est excellent, parfois largement supérieur à 100 % (la plante tire sur les réserves du sol). C'est simplement le corollaire au niveau de la plante du bilan défavorable au niveau du sol.

Dans le système extensif ou familial, les exportations par les racines seules sont assez faibles. Avec la restitution que les racines n'étaient pas tout à fait mûres au moment de l'arrachage, donc que le cas est un peu particulier, c'est un exemple supplémentaire des possibilités d'une agriculture à faibles imputs sur les Hautes Terres.

⊗ On laisse sécher les tiges 2 à 3 mois (encore faut-il une récolte assez précoce) puis on les écrase mécaniquement, avant de les enfouir au tracteur (Dufournet, Goarin, 1957)

⊗⊗ Doit-on envisager le compostage des tiges.

Remarque : La production du témoin absolu est ici de 7,5t de racines/ha (la moitié pratiquement du rendement retenu). Le coefficient d'utilisation apparente des engrais est donc moins bon. C'est momentané, et dû aux maigres réserves initiales du sol après des années de friche.

Avenir souhaitable du programme :

Il conviendrait : d'abord d'étudier les mobilisations minérales de la culture au cours du temps, pour des dates de plantations différentes

: puis de chiffrer l'incidence sur les rendements et les mobilisations, des arrachages prématurés ou différés.

Cependant on peut se demander si les plantations en fin de saison des pluies, qui a ses justifications en système traditionnel, est envisageable si l'on intensifie les cultures familiales. Leurs inconvénients sont de deux ordres :

- mauvaise occupation du terrain : celui-ci reste nu, donc improductif pendant une saison des pluies.

- accroissement des pertes par lixiviation : sur les sols en friche ces pertes sont à peu près nulle, l'eau qui draine à 1 mètre est pratiquement pure: conductivité électrique à 25 % de 20,4^μmhos. Même au cours de la première année de culture les pertes restent très faibles car les phosphates et la dolomie semblent mettre un an pour se "solubiliser" (Arrivets, 1977). Par contre dès que l'on intensifie, donc que l'on apporte des engrais, le sol s'enrichit et la solution du sol également. Les pertes sont inévitables et seront d'autant plus élevées qu'il n'y aura pas de prélèvement par les cultures pour appauvrir la solution du sol. (Arrivets et als, 1979).

Ces deux inconvénients sont liés et pourraient partiellement être évités en semant au début de la saison une culture précoce, libérant le sol en Mars, avant la plantation du manioc. Cela poserait déjà certaines problèmes mais surtout, il semble qu'à ce compte, autant planter le manioc en Novembre avec une culture annuelle en intercalaire. L'occupation du terrain est maximisée et le risque de lixiviation minimisée.

C'est la solution qui semble devoir être retenue par la recherche, dans un premier stade; en associant le manioc et le soja par exemple.

Devraient être étudiées :

- Les mobilisations du manioc et du soja cultivées séparément et en concurrence; les rendements dans les deux cas.
- Les interactions entre l'inoculation du soja, sa fumure azotée et celle du manioc.
- Les fumures en phosphates, dolomie, potasse et oligo-éléments de l'association $\#$.

Variétés à utiliser : H 54 ou H 53 plus doux, pour le manioc; Davis pour le soja dans la région de Tananarive.

$\#$ Dispositif d'Ampangabe (et Kianjasoa?) plus test bandes croisées.

ANNEXE

Tests culturaux ("Epicerie") d'Ampangabe
Résultats concernant le manioc de 1970 à 1975

Le manioc, variété H 54, est planté mi-Novembre à 1 m x 0,5 m et récolté 2 ans après.

La fumure standard est de :

- 60 à 90 kg P_2O_5 , avec éventuellement de la dolomie et parfois du bore, enfouis au labour en Novembre.

- 50 N + 50 K_2O en vouverture au mois de Janvier (2 mois après plantation).

50 N + 50 K_2O en couverture au mois de Novembre suivant.

de
En première année, une culture/légumineuse (haricot, soja, arachide ou voandzeia) peut-être intercalée entre les lignes de manioc : 2 lignes à 30 cm x 20 cm semées mi - Décembre dans chaque interligne. La fumure n'est pas modifiée. La légumineuse est récoltée en fin de saison.

N.B. En culture pure, la légumineuse est semée à 40 cm x 10 cm (ou 40 cm x 20 cm et 2 graines) avec une fumure moyenne 0 - 45 - 50 (un peu différente : 0 - 35 - 75 pour le voandzeia).

Les tests ont lieu sur 23 parcelles, de 10 m x 10 m, mises en culture sur défriche en 1965 ou 1966 avec fumure de " Redressement " : 2 t de dolomie, 400 kg P_2O_5 et 300 kg K_2O par ha ainsi qu'une fumure azotée appropriée à chaque culture. Les années suivantes, on apporte une fumure NPK d'entretien fonction de la plante. Jusqu'en 1973 les apports de dolomie en entretien furent exceptionnels.

Les résultats d'analyse des sols après la campagne 1971-72 (tableau 1) indiquèrent une forte baisse des teneurs en Ca et Mg échangeables. Fin 1972, on apportait systématiquement 1 tonne de dolomie sur toutes les parcelles, et même 2 tonnes sur les parcelles cultivées en manioc.

date de prélèvement	C %	N %	P	bases échangeables me/100g			
			Olsen %	K	Ca	Mg	pH
Mai 1967	1,8	1,20	0,06	0,11	1,10	0,65	4,8
Mai 1972	1,2	0,80	0,08	0,09	0,85	0,25	5,2
Friche	1,45	0,85	0,03	0,10	0,30	0,05	4,9

Tableau 1 - Evolution des sols dans les tests culturaux outre 1967 et 1972. Moyennes et rappel de la composition

Résultats:

Le plan d'occupation des parcelles ayant porté une culture de manioc entre 1970 et 1975 est reporté dans le tableau 2 .

N.B. Les parcelles manquants correspondent à celles qui portèrent du manioc en 1971-73, dont les rendements n'ont pas été relevés.

On dispose de 3 séries de données :

1 - culture 1970-72: parcelles 1, 10, 14, 18

Le manioc a été planté fin Novembre 70 et récolté début Décembre 1972 avec la même fumure NPK = 100 - 60 - 100 sur les quatre parcelles qui d'autre part étaient subdivisées, avec et sans bore. La production, voir tableau 3, varie de 9 à 30t de racines vertes par ha.

Par- celle	Saison					
	69-70	70-71	71-72	72-73	73-74	74-75
1	Arachide	Soja + Manioc		Haricot	maïs	9,5
2	Pdt	Soja	Pdt	Arachide	Arachide + manioc	
8	Glycine	Javanica	....	....	Manioc H 54	
10	Haricot	Arachide + Manioc		Maïs	Arachide	13,5
11	Maïs	Tabac	Arachide	Manioc H54		11,0
12	Maïs	Haricot	Pdt	Manioc H60		16,0
14	Pdt	Arachide + Manioc		Maïs	Arachide	15,5
15	Manioc	Maïs	Haricot	Arachide + Manioc		17,5
16	Chloris	.....	....	.....	Manioc H 54	
18	Tabac	Manioc H 54		Soja	Orge	18,5
19	Pennisetum collet rouge	....		Haricot + Manioc		18,5
21	Pennisetum Kizozi	.....		Voandzo + Manioc		12,5

Tableau 2 - Tests cultureux d'Ampangabe, plan d'occupation des parcelles avec manioc

N.B. En 1974-75, toutes les parcelles non occupés par le manioc étaient en maïs (variété n° 383 semée mi - Décembre, sans fertilisation) dont on donne le rendement en qx de grains/ha .

Parcelle .	Culture	. 70-71	71-72	
			. sans B	. avec B.
1	Soja (Davis) + Manioc	15 qx	17	19
10	Arachide (SA 156) + Manioc	17,5 qx	6	9
14	Voandzeia + Manioc	39 qx	25	30
18	Manioc pur	-	13	21

Tableau 3 - Rendement du manioc récolté en 1972 (en tonnes de racines vertes) et des cultures associées récoltées en 1971 .

Sans que l'on puisse raisonnablement attribuer les différences à la culture associée en première année, ou aux précédents culturaux. La production moyenne est de 20t/ha de racines fraîches, ce qui est loin du potentiel de la variété H 54. Il est possible que la raison en soit l'insuffisance des réserves du sol en Ca et Mg. Revoir tableau 1 . Cependant il n'apparaît pas de liaison systématique entre ces teneurs en Ca et Mg, ou plus globalement le pH, voir tableau 4 et les rendements .

Remarque: Les rendements 1970-71 du soja, de l'arachide et du voandzo en culture pure (avec une fumure moyenne 0 - 45 - 50) sont assez voisins de ceux que l'on obtient en culture associée.

Parcelle	me/100g						Production de manioc		
	.pH	. Ca	. Mg	. K	.P Olsen	.N %	. 70-72	72-74	73-75
1	! 5,3 !	! 0,65 !	! 0,15 !	! 0,08 !	! 0,053 !	! 0,72 !	! 19t !	!	!
3	! 5,5 !	! 0,55 !	! 0,10 !	! 0,08 !	! 0,112 !	! 0,66 !	!	!	! 24 !
8	! 5,0 !	! 0,50 !	! 0,12 !	! 0,07 !	! 0,059 !	! 0,74 !	!	!	! 28 !
10	! 5,2 !	! 0,72 !	! 0,16 !	! 0,08 !	! 0,087 !	! 0,84 !	! 9t !	!	!
11	! 4,9 !	! 0,55 !	! 0,17 !	! 0,12 !	! 0,062 !	! 1,02 !	!	! 31t !	!
12	! 5,1 !	! 0,62 !	! 0,10 !	! 0,07 !	! 0,055 !	! 0,86 !	!	! 31t !	!
14	! 5,2 !	! 1,05 !	! 0,27 !	! 0,08 !	! 0,091 !	! 0,86 !	! 30t !	!	!
15	! 5,1 !	! 0,70 !	! 0,13 !	! 0,10 !	! 0,050 !	! 0,72 !	!	! 22t !	!
16	! 5,1 !	! 0,75 !	! 0,13 !	! 0,08 !	! 0,071 !	! 0,76 !	!	!	! 17 !
18	! 5,1 !	! 0,72 !	! 0,15 !	! 0,07 !	! 0,066 !	! 0,78 !	! 21t !	!	!
19	! 5,0 !	! 0,40 !	! 0,08 !	! 0,10 !	! 0,082 !	! 0,92 !	!	! 32t !	!
21	! 5,3 !	! 0,62 !	! 0,21 !	! 0,05 !	! 0,071 !	! 0,72 !	!	! 24t !	!

Tableau 4 - Analyse du sol (Mai 1972) et rendements de manioc

2 - Culture 1972-74 : parcelles 11, 12, 15, 19, 21

La fumure NPK du manioc, avec ou sans culture associée était de 50 - 90 - 50, soit pour NK la moitié de la dose employée sur les cultures 1970-72 (seul le 1er apport - celui de Janvier- ayant été affectée)

En outre on a systématiquement épandu de la dolomie: 2 t/ha sur les cultures pures (parcelles 11 et 12) 1 tonne/ha sur les cultures associées (parcelles 15, 19, 21) enfouies au labour en même temps que le phosphore.

Les rendements, tableau 5, sont nettement meilleurs que ceux de la culture 70-72, malgré la fumure NK moindre, et probablement grâce à la dolomie .

Parcelle	Cultures	72-73	73-74
11	Manioc H 54 pur	-	31
12	Manioc H 60 pur	-	31
15	Arachide (SA 156) + H 54	4300	22
19	Haricot + H 54	1000	32
21	Voandzeia + H 54	1300	24

Tableau 5 - Rendements du manioc récolté en 1979 (en t MV/HA) et des cultures associées récoltées en 1973

Bien que dans deux cas sur trois les rendements du manioc avec une culture associée sont inférieurs à ceux de la culture pure, on ne peut tirer de conclusions car si l'on ne considère que les parcelles 19 et 21 qui ont le même précédent (herbe à éléphant) les rendements sont soit de 22t soit égaux à ceux de la culture pure 31 t.

Pas plus que pour la culture 1970-72, l'analyse du sol de mai 1972, tableau 4, ne peut donner d'explication aux différences de rendement. Comme dans le cas précédent, le précédent des légumineuses associées au manioc est voisine de celle que l'on obtient en culture pure (4,5t de gousses d'arachides, 1,5 de voandzeia, 800 kg de haricot).

3- Culture 1973-74, parcelles 3, 8 et 16

La fumure NK était la même qu'en 1972-74 mais les apports de dolomie ne furent pas renouvelés.

Les rendements, tableau 6, sont retombés au niveau de ceux de la culture 1970-72 : 20t de racines fraîches, en moyenne. Cette année-là, c'est le manioc avec culture associée (parcelle 3) qui produit plus que les maniocs en culture pure.

Parcelles	Cultures	production	
		73-74	74-75
3	Arachide + H 54	1200 kg	23,5
8	H 54 culture pure	-	20,5
16	- id -	-	17,5

Tableau 6 - Rendements du manioc récolté en 1975 et de la culture associée récoltée en 1974.

CR Azote sur manioc

- Etude de la fertilisation du manioc, variété H 54

- Dispositif: APG 02, ex essai N x compost cultivé en maïs jusqu'en 1975-76 compris (12ème culture consécutive)

7 traitements, 6 répétitions . pe = 5,6 m x 10 m = 56 m² dont 32,4 de pu .

- Opérations culturales:

. Apport de la fumure de fond uniforme (500 kg de dolomie + 200 kg d'Hyper - Reno + 20 kg de nutramine par ha) et labour en Novembre 1976

. Apport 1/2 N + 1/2 K (50 K₂O) mi-Janvier 1977

. Apport 1/2 N + 1/2 K (") Novembre 1977

L'azote est apporté sous forme d'urée, la potasse sous forme de Kcl .

Récolte fin Septembre 1978 (pesée racines et tiges même jour)

Production	dose azote, kg/ha						
	T00	0	45	90	135	180	225
Racines, t/ha (1)	1,0	31,0	27,5	39,0	39,0	42,0	38,0
% manquants (2)	75	9	8	5	5	9	6

(1) en tonne de matière verte par ha c'est-à-dire à 68 % H₂O en moyenne

(2) pourcentage de pieds manquants (en moyenne 7 % sauf sur T00 : 75 %)

- Analyse statistique sur la production de racines : L'effet traitement est significatif au seuil de 1 %, avec un CV de 16 %

Remarque: Dans cet essai le poids de tiges fraîches (# 52 t/ha) est nettement supérieur à celui des racines fraîches . Mais comme on n'y a pas déterminé le % d'humidité dans les tiges, les chiffres n'ont pas grand intérêt. Ils montrent simplement qu'il n'y a pas de différence entre traitement avec PK dolomie (le T00 ne produisant que 2 t de tiges) . Pour la production de tiges, matières sèches, on se basera sur les mesures effectuées dans l'essai APG 03 .

Elément	Traitement		CV	Valeur	
	T1	T2		%	adoptée
Racines N	0,74	0,64	20	0,7	
P ₂ O ₅	0,22	0,22	25	0,22	soit 0,09 % de P
K ₂ O	1,28	1,33	10	1,3	soit 1,1 % de K
CaO	0,53	0,54	10	0,53	soit 0,37 % de Ca
MgO	0,32	0,32	60	0,32	soit 0,19 % de Mg
SiO ₂	0,17	0,17	60	0,17	
Fe (ppm)	255	311	40	283	
Bore ppm	2,17	2,28	20	2,2	

Les exportations minérales correspondantes pour une récolte de 40t de racines fraîches (à 68 % H₂O) et 25t de tiges (à 63 % H₂O) sont de (en kg/ha)

Partie	N	P	K	Ca	Mg
Racines	90	12	145	47	24
Tiges	97	14	139	111	19
Total	187	26	284	158	43

Les mobilisations dans les tiges sont de l'ordre de 50 % (1/2) des mobilisations totales pour N, P, K, Mg et de 70 % (2/3) pour la chaux .

Elément	T1	T2	Valeur adoptée	
Tiges N	1,21	0,91	1,05	
P ₂ O ₅	0,36	0,32	0,34	soit 0,15 % de P
K ₂ O	1,69	1,91	1,80	soit 1,50 % de K
CaO	1,79	1,62	1,70	soit 1,20 % de Ca
MgO	0,37	0,34	0,35	soit 0,20 % de Mg
SiO ₂	0,23	0,16	0,20	SiO ₂
Fe (ppm)	326	218	270	ppm Fe
Bore ppm	5,1	5,9	5,5	ppm B

Soustractif sur Manioc

- Etude de la fertilisation du manioc sur défriche, variété Madras

- Dispositif: APG 2.1, mis en place cette année sur défriche, 10 traitements, 4 répétitions (blocs de Fisher)

parcelle élémentaire: 48 m² (12 m x 4 m) soit 5 lignes de 12 m à 80 cm d'écartement (un plant tous les 50 cm sur la ligne)

parcelle utile: 26,4 m² (les 3 lignes centrales moins un plant à chaque extrémité.)

- Traitements:

- 1 - FC Fumure Complète*
- 2 - FC sans N
- 3 - FC sans P
- 4 - FC sans K (sans sulfate de K, plus soufre en fleur)
- 5 - FC sans Dolomie
- 6 - FC sans Mg (sans dolomie, plus chaux)
- 7 - FC sans soufre (sulfate K remplacé par Kcl)
- 8 - FC sans Oligoéléments (sans nutramine)
- 9 - Témoin absolu (aucun engrais)
- 10 - Fumure organique (5t/ha de poudrette)

* La Fumure Complète comprend: 100kg urée (45N), 200kg d'Hyper-Reno (60 P₂O₅), 120 kg de sulfate K₂O (60 K₂O + soufre), 500 kg de dolomie (CaO + MgO) et 20 kg de nutramine à l'hectare.

Opérations culturales:

- labour de défriche début 1976
- apport de la totalité des engrais et enfouissement à l'angady (5/4/77)
- plantation 6/4/77, récolte du 5 au 9/10/78
- sarclages 15/7 et 29/11/77 puis 10/02/78
- Production en t/ha de racines fraîches

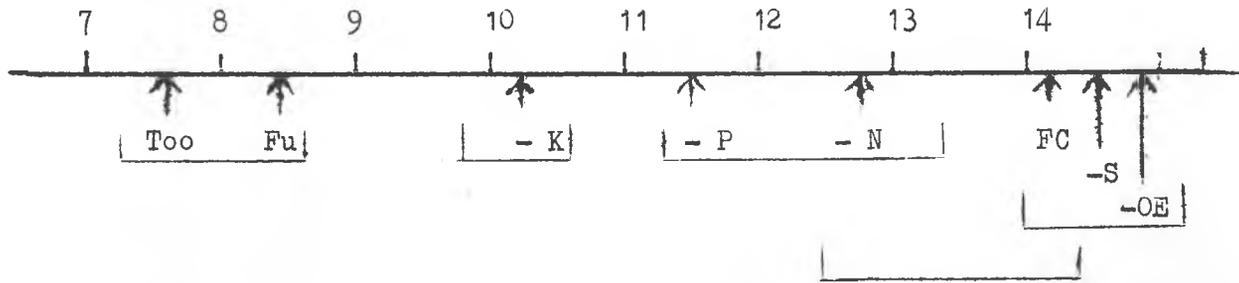
FC	- N	- P	- K	- dolo	- dolo*	- S	- OE	Tou	Fu
14,2	12,9	11,5	10,1	13,5	11,9	14,4	14,8	7,7	8,2

* la chaux n'ayant pas été apporté sur ce traitement (T6) il est identique au T5 cette année.

La teneur en eau des racines fraîches, déterminée sur un échantillon d'un kilo par parcelle est en moyenne de 57 % .

L'analyse statistique indique un effet significatif des traitements au seuil de 1 %, avec un CV = 11 %

Test de Duncan 5% :



Mobilisations minérales

La composition minérale des tiges et des racines a été déterminée par le laboratoire du D.R.C.T.M.H du FO.FI.FA sur des échantillons moyens prélevés sur chaque répétition des 5 traitements : 1, 2, 3, 4, 9 .

Les résultats exprimés sont les suivants (en % de la M.S ou ppm M.S)

Eléments	Racines					Tiges				
	FC	- N	- P	- K	Too	FC	- N	- P	- K	Too
N (%)	0,81	0,77	0,61	0,97	1,02	2,0	1,95	2,1	2,2	2,15
P2O5 (%)	0,10	0,10	0,10	0,11	0,09	0,07	0,09	0,03	0,11	0,07
K ₂ O (%)	0,48	0,68	0,63	0,19	0,32	0,61	0,57	0,89	0,42	1,11
CaO (%)	0,19	0,17	0,21	0,19	0,19	0,07	0,31	0,81	0,87	0,78
MgO (%)	0,27	0,22	0,15	0,29	0,30	0,50	0,50	0,00	0,74	0,71
SiO ₂ (%)	0,27	0,22	0,35	0,32	0,32	0,27	0,25	0,12	0,17	0,20
Fe (ppm)	196	263	241	214	118	254	283	260	298	339
B (ppm)	2,9	2,9	2,9	3,0	2,6	6,2	6,4	6,1	6,7	6,0

N.B- On peut présenter ce tableau différemment .

Partie	Eléments	Traitements			
		1	2	3	4
Racines	N	.	.	.	.
	:				
	B				
Tiges	N				
	:				
	B				

Factoriel sur manioc

- Etude de la fertilisation du manioc sur défriche, variété Madras

- Dispositif: APG 2.2, mis en place cette année sur défriche, 32 traitements (factoriel 2⁵), 2 répétitions complètes en blocs de 8 (confounding) parcelle élémentaire et parcelle utile, idem APG 2.1

- Traitements :

Les 32 traitements à toutes les combinaisons obtenues en apportant chacun des quatre engrais de base à deux niveaux:

- . Azote : 100 ou 200 kg d'urée (45-90 N)
- . Phosphore : 200 ou 1000 kg d'HyperReno (60-300P₂O₅)
- . Potasse : 120 ou 600 kg de sulfate de potasse (60-300 K₂O)
- . Dolomie : 500 ou 2000 kg

avec ou sans apport complémentaire de 5t/ha de fumier "poudrette"

N.B. Le niveau faible d'azote, phosphore est le même que celui de l'essai APG 2.1

Le niveau fort P, K, dolomie correspond aux doses "de redressement" I.R.A.M.

- Opérations culturales

Pratiquement identiques à celles d'APG 2.1, mais plantation 2 jours avant, récolte une semaine avant.

Production, en t/ha de racines fraîches

Fumier-Dolomie		fumure N - P - K							
		t/ha	npk	Npk	nPk	NPk	npK	NpK	nPK	NPK
0	- 0,5(d)	13,3	16,3	13,7	14,6	13,9	14,7	14,0	16,6
0	- 2 (d)	13,5	17,0	13,8	16,9	15,8	16,0	14,5	18,6
5	- 0,5(D)	13,4	17,0	13,7	16,4	14,0	15,5	14,1	17,7
5	- 2 (D)	14,2	17,4	14,4	17,0	16,3	16,5	14,7	19,1

- Analyse statistique (incomplète) CV = 3%, effet traitement et effet blocs significatifs au seuil de 1%.

On a prélevé, à la récolte, un plant échantillon entier sur chacune des deux répétitions des traitements: npkd, Npkd, NPKd, npkD, pour analyse au laboratoire D.R.C.T.M.H. du CENRADERU :

Eléments	Racines				Tiges			
	npkd	Npkd	NPKd	npkD	npkd	Npkd	NPKd	npkD
N % MS	0,49	0,60	0,56	0,43	1,47	1,62	1,57	1,72
P ₂ O ₅ % MS	0,15	0,15	0,17	0,15	0,15	0,15	0,14	0,12
K ₂ O % MS	0,72	0,59	0,75	0,54	0,65	1,45	1,58	1,30
CaO % MS	0,35	0,32	0,42	0,38	0,91	1,09	0,91	1,19
MgO % MS	0,18	0,14	0,14	0,18	0,31	0,23	0,27	0,23
SiO ₂ % MS	0,15	0,15	0,20	0,15	0,10	0,20	0,15	0,20
Fe ppm	301	184	231	220	240	350	265	306
Bore ppm	2,3	1,9	2,4	2,3	3,9	4,6	4,9	4,9

BIBLIOGRAPHIE

- COURS . G , 1951, " Le manioc à Madagascar " mem. INSCERM, série B, tome III . fasc. 2
- ARRIVETS. J , RAKOTOANDRIAMIHAMINA J , 1979
" Compte rendu d'expérimentation 1976-77 avec premier synthèse 1974-77 " CENRADERU
- ARRIVETS . J , 1977 , Fertilisation potassique d'un maïs en défriche sur les Hautes Terres - CENRADERU
- DUFURNET. R , GOARIN. P , 1957 , " Note sur la culture du manioc à Madagascar " Rev. Riz et Riziculture, 1er trimestre
- CHATEL . M , 1973, " Bilan de l'expérimentation multilocale pendant 12 ans " I.R.A.M
- DULONG . L , 1970, " Le manioc à Madagascar " , I.R.A.M
- GUILLOTEAU . S , 1966, " Clônes de manioc préconisées à Madagascar " fiche technique I.R.A.M n°8
- KENT . R , 1969 , " Note sur l'introduction et la propagation du manioc à Madagascar " , Terre Malgache n°5
- ARRAUDAU . M , 1972 , " L'amélioration du manioc à Madagascar " I.R.A.M

FICHE 1

CHATEL . M , 1973 , Bilan expérimentation multi-locale sur variété I.R.A.M

- Bilan 12 ans expérimentations sur variétés dans différentes provinces .

- Province Diego : Ambanja H 43, H 57 (36t)
Ambilobe H 47, H 43 (38t)
- Province Fianarantsoa:
Manakara H 54 (34t)
Iboaka H 60 (40t)
- Province Tamatave :
Fénériver Est H 45, H 53 (25t)
Ivoloina H 58 (25t)
Alaotra H 60 (58t)
- Province Tananarive:
Ambohidratrimo H 54 (9t)
Betafo H 43 (17t)
Manjakandriana H 54 (13t)
Sakay H 53 (74t)
Sakay H 45 (60t)
- Province Majunga: H 43 (40t)
- Province Tulear : Ankazoabo H 53 (25t)
Ankazoabo H 54 (21t)
Ambovombe H 53 (26t), H 54 (19t)
Betioky H 54 (27t), H 41 (27t)
Tulear H 44 (21t), H 53 (18t)

Conclusion

- Côte Nord-Ouest H 43 et 57
- Côte Est H 58 et 54
- Plateaux H 54 et 60
- Ouest et Sud H 53 et 54
- Sakay et Moyen Ouest H 53
- Lac Alaotra H 56 et 60

FICHE 2

COURS. G, 1951, mem INSCERM, série B, Tome III
fasc 2

" Le manioc à Madagascar "

Culture introduite fin du XVIII^e à partir de l'île Maurice. Culture primitive qui se perpétue donnant des rendements inférieurs à 5t / ha (sol simplement débroussaillé, bouture fichée à l'aide d'un coup d'angady, pas de fumure)

Extension après la 1^{ère} guerre mondiale : culture intensive avec fumier de ferme et jachère : 8 à 15t / ha (culture attelée)

Puis culture intensive mécanisée : meilleurs labours, fumiers de ferme, engrais verts et phosphates : 40 à 50 t / ha

Vers 1935 la mosaïque fait disparaître en 2 ans le manioc du pays --- sélection de variétés résistantes à l'Alaotra (station)
alt : 770m, latitude : 17° 40 sud

Mois	H mm	Hygro m	Température mini	maxi	Insolation h/jour	Déplacement du vent km/j
I	245	76	18,2	28,4	3,5	244
II	342	78	18,2	27,9	2,6	223
III	170	77	18,9	28,2	3,4	229
IV	20	73	16,0	27,2	4,3	234
V	6	71	13,6	26,0	5,4	245
VI	6	71	11,5	24,0	5,0	250
VII	14	73	11,0	23,0	5,8	291
VIII	6	70	10,8	23,0	5,9	329
IX	2	66	11,8	24,7	7,6	347
X	29	64	13,1	27,9	8,3	351
XI	66	63	15,4	28,6	7,7	293
XII	19	69	17,6	29,5	5,0	240

1^{ère} partie : Description des caractères et classification des clones ...

2^{ème} partie : Développement et amélioration du manioc

Le manioc est multiplié à la fin de l'hiver malgache : Sept-Oct, les essais du Lac sont systématiquement plantés le 1^{er} Octobre.

Phase de reprise 15 jours : racines latérales (5ème jour), puis premières feuilles (8ème jour) puis remplacement racines latérales par racines basilaires

- Phase d'installation : 2 mois et demi développement des racines, émission des tiges.

- Phase du développement foliaire : après 3 mois (fin Mars) le développement foliaire a atteint son maxi. Toute l'énergie de la plante utilisée pour la production des feuilles.

- Phase d'accumulation des réserves : a partir d'Avril jusqu'à fin Août, le féculé s'accumule dans les racines, le bois commence à s'ajouter

- Phase de sommeil : Septembre. La plante ne porte que quelques feuilles.

- 2ème phase d'activité : ($\theta \nearrow$) 5 mois jusqu'à fin Février; émission de nouvelles pousses nourries sur les réserves du bois ou des racines. maxi = 2/3 du précédent

- 2ème phase d'accumulation ou de tuberisation. Accumulation de féculé d'Avril à mi-Septembre.

- 2ème phase de repos : Août - Septembre chevauche la précédente, chute des feuilles totale à partir 15 Août. Les bois restent nus jusqu'au début Octobre (début 3ème phase d'activité)

L'année suivante, le cycle peut se reproduire mais avec signes de décrépitude.

Courbe de croissance du manioc moyen (moyenne de 41 variétés étudiées entre 1943 et 1947) avec prélèvements tous les 14 jours sur 10 pieds.

DATE	Age mois	Surf.foliaire m ²	Matière sèche eng/plant			Total
			feuille	support	féculé	
1 I	3	1,83	18	92	6	116
1 IV	6	6,64	167	401	170	738
1 X	12	0,97	36	1180	936	2152
1 II	16	4,32	204	1310	795	2308
1 IV	18	3,80	170	1460	894	2531
1 VIII	22	0,14	8	2043	1343	3594
1 X	24	0,14	8	2133	1371	3504

Poids de MS contenu dans le manioc

- Expression du rendement

- . Indice végétatif, poids de MS/j/ m² = I.V
- . Coefficient d'utilisation : $\frac{\text{fécule utile}}{\text{MS totale}} \times 100$,

variations saisonnières :

CU fort en hiver, dépend aussi de la variété et de l'équilibre de la fumure

$$R = \frac{I.V \times CU}{100}$$

- Essai d'amélioration de l'expression du rendement

. Densité de plantation
habituellement 1m X 1m . Cependant net avantage des plantations serrées pour production, en particulier quand on veut arracher avant l'époque habituelle.

- Le grain de fécule ϕ 2 à 40 μ (moy 14)

Les grains de fécule naissent au bout d'1 semaine alors que les racines n'ont que quelques mm. Ils se développent assez vite : 16 à 20 μ au bout de 60 j. Au moment des reprises d'activité le ϕ des grains \searrow .

R1 : le coupe du bois, pour bouture, a le même effet

R2 : L'augmentation de la densité de plants n'a pas d'effet.

- La richesse en fécule

constante : eau + fécule 94,5 % poids total
La proportion d'eau \in 75 à 55 % pendant que la fécule passe de 19,5 à 39,5 %

La densité des racines permet d'apprécier la teneur en fécule, compte tenu d'une densité de la fécule = 1,5

En général, $d = 1,13$ correspond à 25 % de fécule dont 19 % extrait industriellement

$d = 1,145$ correspond à 28,5 % de fécule dont 23 % extrait industriellement

Sur les maniocs jeunes la proportion de matières étrangères (mat. azotée notamment) s'accroît au détriment de la fécule.

- La précocité

Les planteurs des plateaux estiment que pour parfaire son développement le manioc doit subir les effets de deux saisons de pluies. Pour cette raison, on le laisse 2 ans en terre.

Il serait intéressant d'avoir des variétés plus précoces.

- Conseils aux planteurs

. Adaptation de la variété au sol, satisfaisante si
CU : 50 - 55 %

. La culture intensive n'est possible que sur une terre profonde

. Restitution des éléments exportés
50 t de racines avec 40 t de bois correspondant exportent :

	Racines	Bois	Total
N	85	200	285
P ₂ O ₅	62	70	132
K ₂ O	280	180	460
Chaux	75	150	225

-----> Incorporation du bois au sol (ils exportent plus que les racines), après séchage (après les avoir mis en ligne et écrasés au tracteur) sinon repousse.

-----> Ou emploi d'engrais verts : semé en Oct. Nov enfouis au bout de 5 mois (Vohem) ou 18 (Crotalaire)

-----> Ou fumier de ferme

	H ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Fumier de parc	100	15	7,5	10	14
Fumier de bouverie	750	4	2,5	6	3,5

-----> Ou engrais chimiques :
choix de la fumure :

	Bois	Fumure
Enlevés	EV + 40t fumier + 300kg Phosphate Nat.	
Partiellement retournés	" + 20t	" + "
Retournés	" + 10t	" + "

- Produire des récoltes de bonne qualité

... une alimentation hyper azotée peut beaucoup réduire la proportion de fécule ...

La meilleure période d'arrachage : Août - Sept. pour les maniocs d'1 an, Juillet à Sept. pour les maniocs de 2 ans.

Choisir variétés natives pour alimenter dès Juin les usines.

Les densités les plus élevés se rencontrent sur les sols riches en acide phosphorique.

- Résumé et conclusions.

FICHE 3

DULONG. L, 1970, le manioc à Madagascar, I.R.A.M.
 Tananarive
 p. 11 Composition d'après GOLDFLEM, pour 100g

	Racines fraiches	Cossette	Fécule	Tapioca
Calories	150	340	340	350
H ₂ O	63 %	15	14	13
Cellulose	1,3	0,8	-	-
Glucides	36	78	80	87
Lipides	1,8	1,5	0,5	
Protides	1,5	3,0	3,5	

Excellent aliment du bétail (Orge, seigle...)

Exportation par 40 t de racines (VELLY)
 et 40 t de bois (COURS)

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Racines	73	34	87	20	72
Tiges	200	70	180	150	-

- Fumures :

1 - 12 à 20 mois d'EV ((Crotalaria Grahamiana ou
 Juncéa à 50kg/ha), Téphrosia Candida 30kg, Vigna Si -
nensis à 25kg/ha)

Puis 40t fumier et 120 - 150 unités potasse
 parfois 52 - 112 unités P₂O₅

2 - Chez les paysans : 0

- Méthodes culturales :

- . Densité 1m X 1m, 80cm X 80cm
- . Age, taille des boutures (sur plants mûrs)
- . Date de bouturage :

En général : début saison des pluies sur les baibos
 (Oct.) plus tard sur les tanety (fin Nov., début Déc.)
 parfois à partir de mi-Février sur les tanety (← riz)

. Récolte : pour les paysans selon besoins alimentai-
 res sans attendre maturité des racines.

: les féculeries attendent maturité c'est-
 à-dire : teneur en fécule la plus élevée et grains de
 fécule à ϕ optimum: c'est-à-dire fin saison sèche
 2ème année (≠) sur les Hauts Plateaux.

(≠) 1ère année sur les côtes.

. Séchage : peler en frais (éliminer écorce externe et interne (riche en H C N) et latex gélatant)

puis cossettes 1,5 X 10cm

: sur claies à l'ombre
manioc sec 40 % manioc vert

- Prix de revient de la culture : quelques chiffres intéressantes

les cossettes ←--- cultures paysannes

fécule, tapioca ←--- cultures industrielles

Dans les cultures industrielles le manioc vient en complément d'une autre spéculation (riz) ou est complété par une autre activité (bois, élevage, productions de semences fourragères)

- Problèmes phytosanitaires

. L'amélioration variétale

manioc idéal suivant les zones de culture

- 3 Industrielles : Moramanga
Mahajamba
Ambanja
- 2 Vivrières : Hautes Terres (Tana- Fianar.)
Côte-Est (toute) et Lac Alaotra
- 1 Exportations
cossettes : Sud (Mangabe ---> Ambovombe)

Pendement par pied 3 à 5 kg (et même 8) racines par plant

R 4kg / plant X 10.000 pl/ ha ----> 40t / ha

densité moyenne 1,14 soit 21,7 % fécule industrielle et 27,6 % de fécule totale

< 10° mosaïque

< 5° pourritures

reprise 90 %
racines séniles

En résumé, pas mal de données intéressantes.

FICHE 4

DUFOURNET. R, GOARIN. P, 1957, Riz et Riziculture,
1er trimestre

"Note sur la culture du manioc à Madagascar "

- ... Les Hauts Plateaux et l'Ouest où la saison sèche bien marquée favorise l'accumulation de la fécule constituent les zones d'élection de la culture essentielle

- ... bon drainage condition essentielle ...

Rendements 30 - 35 t sur alluvions récentes, 10 - 15 t sur latérites

- Cycle végétatif 18 à 25 mois sur les Hauts Plateaux
plantation : Mars - Avril, Juillet - Août, Nov - Déc.
récolte : Mai à Octobre

- Fertilisation :

Exportations par H 32 [≠]		N	P	K	Ca	Mg	Teneur en fécule des racines. fraîches	Rdt moy. racines
Alluvions récentes	Racines	153	17	185	25	6		
	Bois	100	11	65	17	23		
	Total	253	28	250	42	29	28 %	42 t
Argiles latéritiques	Racines	178	20	91	26	3		
	Bois	107	16	31	30	9		
	Total	285	36	122	56	12	23,5 %	26 t
Latérite avec P mais sans K	Racines	138	28	24	47	6		
	Bois	108	24	12	42	30		
	Total	246	52	36	89	36	16 %	8 t

≠ La production n'est pas précisée, probablement

Vue l'importance des éléments accumulés dans les tiges on a intérêt à les réincorporer au sol
Le rapport tiges/ racines varie avec la fertilisation (s'élève avec fumure N, baisse avec K) mais aussi la variété : 1,20 pour H 34 et 0,80 pour H 35 en moyenne

- L'engrais vert : la pratique en est généralisée dans les cultures industrielles (Doliches Lablah, Vigna Sinensis, Crotalaria (Juncéa, Anagyroïdes, Pulva, Latipolia) et aussi soja

Au Lac Alaotra sur terres assez fertiles l'EV ne donne rien, même si fumure au semis. Par contre, effet net de l'EV + fumure NPK à la plantation du manioc.

- Fumier de fermes

Au Lac Alaotra et à Moramanga 20 à 50 t / ha (poudre de parc)

- Fumures minérales et mixtes

- . Diagnostic phalodermique pas tout à fait au point
- . Résultats du Lac (alluvions) pas clairs
- . Marovitsika (près de Moramanga)

Rendement t/ha					Teneur en % de la MS				
	-	P	K	PK	en	-	P	K	PK
-	20	24	30	29	N	0,88	0,96	0,92	0,96
N	23	26	28	30	N	0,88	0,96	0,92	1,0
Ca seul	: 22,5				P	0,107	0,111	0,094	0,095
NPK Ca	: 33,5				N	0,09	0,110	0,095	0,112
					K	1,19	0,71	1,31	1,06
					N	0,69	0,57	1,48	1,10

Composition minérale de 2 variétés cultivées sans fumure en des lieux différents :

	Alaotra	Ambohi-	Antoka-	Vohime-	Maro-	H 34 (et H 35)
	dray	dray	zo	na	voay #	
Rdt t/ha	39	34,5	22	22	25	
	35	39	25	14	8	# dans sillon
N % MS	0,90	0,92	0,84	1,00	-	Alaotra-Moramanga
	0,93	0,92	0,88	0,84	-	comme l'Amfangabe
P	0,11	0,09	0,07	0,06	0,08 ⁺	toujours cité
	0,11	0,09	0,07	0,06	0,10	
K	2,21	1,82	1,45	1,50	0,62	pour le manioc
	2,16	1,77	1,78	1,44	0,58	

- Rotations culturales

. A la station du Lac Alaotra : Arachide/EV/Manioc 2 ans / Prairie EV/ ...

Remarque : L'EV et la prairie Chloris semés en Déc. sont enfouis le 1er en Avril, la 2ème en Octobre.

. Dans le reg de Moramanga : 3 ans de Crotalaire (ou jachère) - 2 ans de manioc

- Variétés, amélioration de la plante

. va jusqu'à H 54

. pour une variété donnée les récoltes sur collines latéritiques sont plus amères que celles provenant d'un sol alluvionnaire.

- Époque de plantation :

Alaotra sur collines : Mars - Avril

Moramanga plateaux : Mars - Avril et Août - Sept.

La récolte a lieu devant la saison sèche, le manioc agé de 18 - 24 mois.

FICHE 5

KENT. R, 1969, Terre malgache n°5, Univ. de Madagascar, ENSA

" Note sur l'introduction et la propagation du manioc à Madagascar " p. 177 - 183

Très intéressant - auteur américain réfute la thèse classique (Cours Fritz) prétendant que le manioc fut introduit en 1970 à partir des Mascareignes par La Bourdonnais

Le terme Mangahazo provient de manga terme bantu (Afrique Est) désignant le manioc

Le manioc serait arrivé sur la côte N-W de Madagascar où il existait des colonies de réfugiés africains à l'époque, vers 1550. Et c'est de là qu'il soit parvenu sur des Hautes Terres.

GUILLOTEAU. S, 1966, Fiche technique n°8

Clones de manioc préconisés à Madagascar

Très doux : H 53 très doux, résiste à la pourriture, taux de reprise élevée préconisé pour séchage
Lac Alaotra, Moramanga, Sambirano
et Ambilobe, Tamatave, Tuléar

: également H 45 (Lac Alaotra, Tamatave)
H 43 (N - W)

Féculerie : H 41 - 46 (amer.) - 49 - 44

Double fin: (consommation et féculerie)

H 54 racine demi-douce
très forts rendements - résistant
à la secheresse - terres bien
drainées
Lac, Moramanga, Nord-Ouest, Tamatave, Tananarive, Ambila

: également H 56 moins bien rendements

Anonyme, 1968, Caractéristiques des principales variétés de manioc diffusés - I.R.A.M.

Les caractères décrits sont ceux du Lac et ne peuvent être extrapolés pour écologies très différentes.

Va jusqu'au H 59