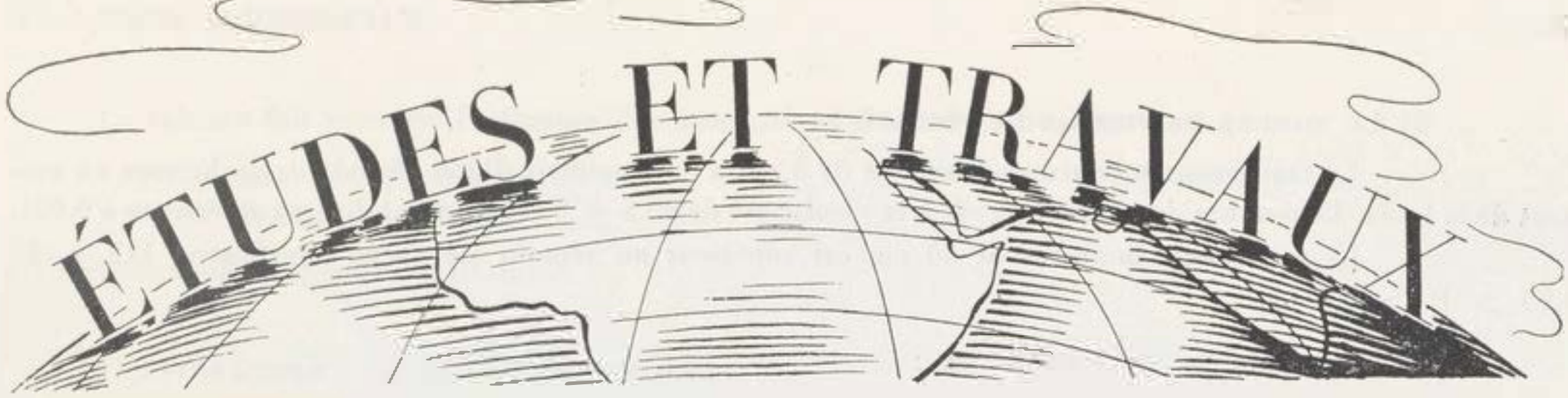


CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DES TECHNIQUES CULTURALES CHEZ LE MANIOC

par

M. TARDIEU
Maître de Recherches ORSTOM

J. FAUCHÉ
Maître de Recherches ORSTOM

Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières

Les études sur le manioc ont été abordées, au C R A Bambey, au cours de l'année 1954 par la réunion d'une collection importante de clones provenant à la fois des diverses républiques de l'ouest africain et des zones tropicales étrangères d'Afrique, d'Asie ou d'Amérique.

Ne nous faisant aucune illusion sur la vitesse que nous pourrions atteindre dans cet ordre de recherches, nous avons voulu profiter de cette relative inaction pour essayer de jeter les bases d'une expérimentation sur les techniques culturales optimum de l'espèce. Les résultats qui sont rapportés ici proviennent d'essais réalisés en 1955, 1956 et 1957.

A) INCIDENCE DE LA LONGUEUR DE LA BOUTURE

Cet essai avait pour but d'étudier :

a) Les dimensions optimales de la bouture dans la plantation et l'incidence de ce facteur sur la production de racines en vulgarisation.

b) La détermination de la longueur minimum que doit avoir une bouture, pour donner naissance à un pied normal en vue de multiplier rapidement des clones destinés à assurer la mise en place d'essais ou à être vulgarisés.

Trois traitements étaient comparés :

boutures de 5 cm placées au fond du poquet comme une graine,
boutures de 15 cm plantées verticalement (traitement pris comme témoin),
boutures de 30 cm plantées verticalement.

Le dispositif adopté était celui des couples de Student.

Les valeurs du témoin sont égalées à 100 dans les comparaisons qui suivent :

1) Influence sur la reprise :

La reprise pour le traitement « boutures graines » est nettement inférieure au témoin (— 32 %). Le traitement boutures de 30 cm lui est très légèrement supérieur (+ 6 % : non significatif).

Note de la Rédaction. — Les articles publiés dans *L'Agronomie Tropicale*, quelle que soit la personnalité ou la fonction de leur auteur, n'expriment qu'une opinion personnelle et ne sauraient être considérés comme une indication de la politique ou des intentions du Département.

2) Le nombre de pieds a la récolte :

Le traitement « boutures-graines » de 5 cm a eu à souffrir d'une période de sécheresse au moment de la levée. Le nombre de pieds observés à la récolte est de 40,5 ± 8 et la probabilité est inférieure à 0,001.

Le traitement boutures de 30 cm est supérieur au témoin de façon significative 115 ± 14 (0,05 > P > 0,02).

3) Longueur de bois produite :

Le traitement 5 cm : 18 ± 8 est très inférieur au témoin (< 0,001).
Le traitement 30 cm : 176 ± 56 lui est supérieur (0,02 > P > 0,01).

Toutefois si l'on tient compte de la « mise de fonds » initiale on constate finalement que le traitement « boutures de 15 cm » est plus intéressant. Les coefficients de multiplication observés sont les suivants :

	Coefficient de multiplication
Traitement 5 cm	6,0
— 15 cm	155,4
— 30 cm	127,6

Dans le cas d'une multiplication de bois à des fins de vulgarisation, on préfèrera la petite bouture qui permettra d'aller plus vite.

4) La production de racines :

Le traitement « boutures-graines » est très inférieur au témoin, 24 ± 11 avec un rendement hectare de 1.152 kg/ha contre 5.232 kg.

Avec le traitement bouture longue, 180 ± 43 (P < 0,01) le rendement constaté dépasse 9 tonnes à l'hectare.

B) INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PLANTATION

En vue d'associer au manioc des cultures de Légumineuses (*Vigna sinensis*, *Doliches Lablab*, *Voandzeia subterranea*), on se propose d'étudier dans cet essai le comportement et les rendements du manioc planté à trois densités différentes avec de grands interlignes (en lignes simples ou jumelées). Ce test porte sur une culture pure de manioc.

Les facteurs mis à l'étude sont les suivants :

trois densités : 5.000 pieds/ha
7.500 »
10.000 »

trois interlignes : 1,5 m, 2 m et 3 m.

deux dispositifs de lignes : simples ou jumelées à 0,5 m.

Le dispositif expérimental comprend douze blocs de six parcelles en confounding 3 × 3 × 2.

Tableau 1. — Analyse de la variance

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance	F		
				Calculé	des tables	
					0,05	0,01
Variation totale	272,6	71				
Répétitions	63,2	3				
Blocs de répétitions	19,4	8				
Densités de plantation	8,2	2	4,1	1,56	3,22	
Interlignes	14,2	2	7,1	2,71	3,22	
Disposition des lignes	1,7	1	1,7	< 1	4,07	
Densités × interlignes	29,7	4	7,4	2,82*	2,60	3,82
Deusités × lignes	0,4	2	0,2	< 1		
Interlignes × lignes	20,4	2	10,2	3,82*	3,22	5,15
Densités × interlignes × lignes	2,7	4	0,7	< 1		
Erreur	112,7	43	2,62			

Erreur-standard par parcelle : 1,619. Moyenne générale : 7,97. C. V. = 20,3 %.

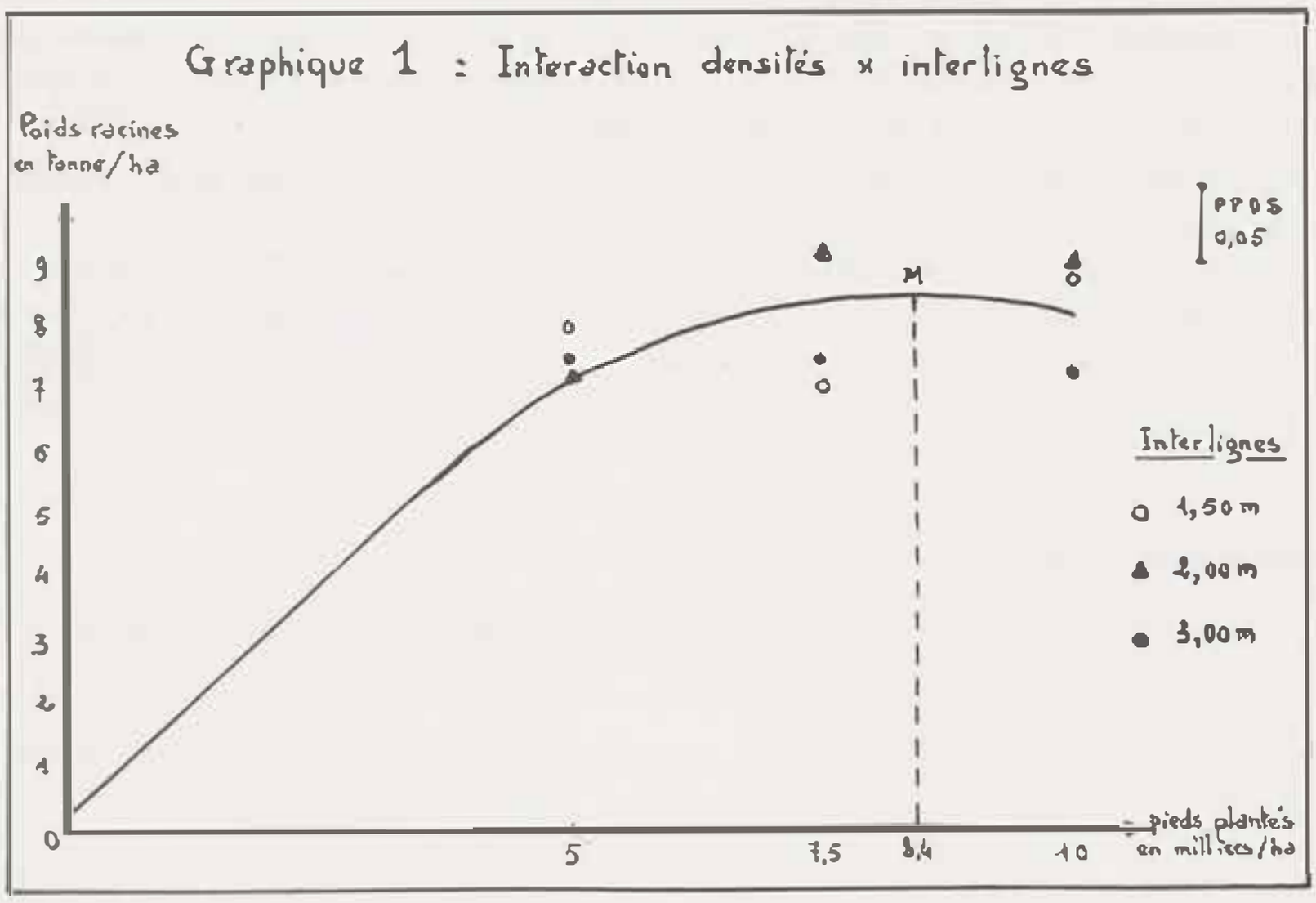
Ce tableau fait ressortir l'influence des interactions d'ordre 1 suivantes :

densités × interlignes
interlignes × lignes

à l'exclusion de tout autre traitement.

1) Interaction : densités × interlignes.

Bien que cet essai ait été réalisé, avec une variété à faibles performances et à port très ramifié, le graphi-



que I montre que la densité moyenne optimum se situe à 8.400 pieds/hectare. On voit que pour l'interligne 3 m, la densité maximum est déjà atteinte à 5.000 pieds. Si nous ne considérions que les moyennes des interlignes, 1,50 m et 2 m, la densité optimum se rapprocherait de 10.000 pieds.

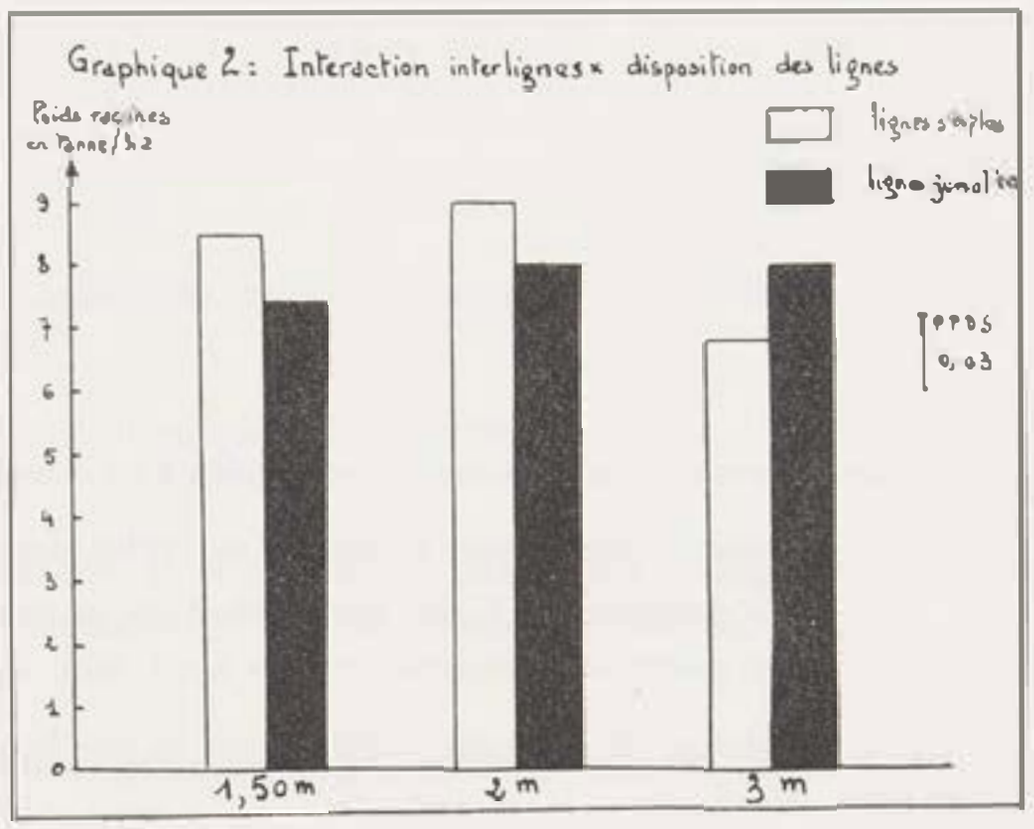
2) Interaction : interlignes × disposition des lignes.

Pour cette interaction il existe aussi une différence entre les interlignes 1,50 m et 2 m d'une part et 3 m d'autre part (cf. graphique 2).

Interligne 3 m : lignes jumelées supérieures à lignes simples.

Interlignes 1,5 m et 2 m : lignes simples supérieures à lignes jumelées.

En résumé : les interlignes 1,50 m ou 2 m, en lignes simples et à une densité comprise entre 7.500 ou 10.000 pieds/hectare semblent donner les meilleurs résultats.



C) FERTILISATION

I) Eléments minéraux.

Malgré le prix de revient élevé de l'engrais dans ces régions, il convient de ne point négliger d'étudier soigneusement son action et cela pour un certain nombre de raisons :

a) La plus-value apportée par son utilisation peut se révéler rentable très facilement, étant donné le tonnage important que l'on obtient avec l'espèce sans fertilisation.

b) Son prix dans les régions voisines des zones portuaires peut être intéressant et relativement bas.

Lors de la campagne 1955-56 un essai d'orientation de la fumure minérale était mis en place au C R A. On y étudiait l'action des trois éléments N, P et K à trois niveaux d'application selon un dispositif 3 × 3 × 3 en confounding. L'essai a été récolté à dix-huit mois en janvier 1957.

L'essai permettait de retenir l'influence nette de l'azote et de la potasse alors que le phosphore semblait ne pas avoir d'action.

Ceci est en accord avec les travaux effectués par Cours au lac Alaotra (1953). Cet auteur écrit :

« Sur des sols titrant 0,005% d'acide phosphorique assimilable, des rendements de 50 et 45 tonnes ont été obtenus. Nous ne pensons pas que des apports réguliers d'engrais phosphatés... soient justifiés ».

Or les sols les plus pauvres du Sénégal ont des teneurs voisines de 0,01‰ et, au C R A, nos sols présentent des richesses en acide phosphorique comprises entre 0,02 et 0,05 ‰.

Expérimentation 1956-1957.

A la suite des résultats de l'essai NPK 1955-56, nous limitons la recherche d'une formule d'engrais NPK intéressante pour le manioc dans la zone suivante :

K_2O ..... fort
N ..... moyen à nul
P_2O_5 ..... faible à nul

Les formules retenues sont les suivantes :

Numéro de l'équilibre	Equilibre en % N + P_2O_5 + K_2O	Formule en % du poids total de l'engrais
1	0 — 0 — 100	0 — 0 — 60
2	15 — 5 — 80	6,8 — 2,3 — 36,2
3	25 — 0 — 75	10,0 — 0 — 30,0
4	20 — 10 — 70	8,3 — 4,1 — 28,9
5	30 — 5 — 65	11,1 — 1,8 — 24,0
6	40 — 0 — 60	13,3 — 0 — 20,0
7	30 — 15 — 55	10,7 — 5,4 — 19,87
8	45 — 5 — 50	14,0 — 1,6 — 15,6
9	40 — 20 — 40	12,6 — 6,3 — 12,2
10	0 — 0 — 0	0 — 0 — 0

Ces diverses formules sont appliquées aux doses de 200 kg/ha pour la dose A, et 400 pour la dose B.

Le dispositif expérimental utilisé est celui des blocs Fisher à parcelles subdivisées :

Les parcelles initiales sont affectées aux doses d'engrais, respectivement 200 et 400 kg à l'hectare.
Les parcelles élémentaires le sont aux équilibres.

1) Incidence de la fumure NPK sur la production globale en racines. Les résultats sont rapportés dans le tableau N° 2.

TABLEAU 2. — ANALYSE DE LA VARIANCE

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degré de liberté	Variances	F Calculé	F des tables 0,05	F des tables 0,01
PARCELLES INITIALES :						
Variation totale	412,5	15				
Blocs	343,3	7	49,0	5,10	3,79	7,00
Doses engrais	2,2	1	2,2	< 1	5,59	
Erreur	67,0	7	9,6			
PARCELLES ÉLÉMENTAIRES :						
Variation totale	1.645,9	159				
Part. parcel. initiales	412,5	15				
Formules	273,3	9	30,4	4,30		2,56
Doses × Formules	69,7	9	7,7	1,09	1,95	
Erreur	890,4	126	7,07			

Erreur standard par parcelle 2,659 t/ha
Moyenne générale 16,23 t/ha
C.V. = 15,80 %

La dose n'a pas d'action significative sur les rendements.

L'équilibre : Les six meilleures formules, non statistiquement différentes entre elles, assurent des plus-values comprises entre 21 % et 33 % (soit des rendements compris entre 17 t/ha et 18,7 t/ha pour un témoin au rendement de 14 t). Elles se trouvent toutes dans une zone du triangle NPK moyennement riche en N, pauvre en P_2O_5, mais à fortes teneurs en potassium.

Le classement des traitements est le suivant :

Rendement à l'hectare	Equilibre	Rendement rapporté au témoin	Signification
18,7	5	+ 33	THS
18,6	6	+ 32	THS
17,4	3	+ 23	THS
17,3	8	+ 23	THS
17,1	4	+ 21	THS
17,0	9	+ 21	HS
16,5	7	+ 17	S
16,1	2	+ 14	S
15,5	1	+ 10	NS
14,1	Témoin	0	

Les interactions ne sont pas significatives.

Le graphique 3 donne les courbes de réponse du manioc aux trois éléments NPK. Les besoins semblent être de 50 à 60 kg de N ; 10 kg de P_2O_5 ; 100 kg de K_2O.

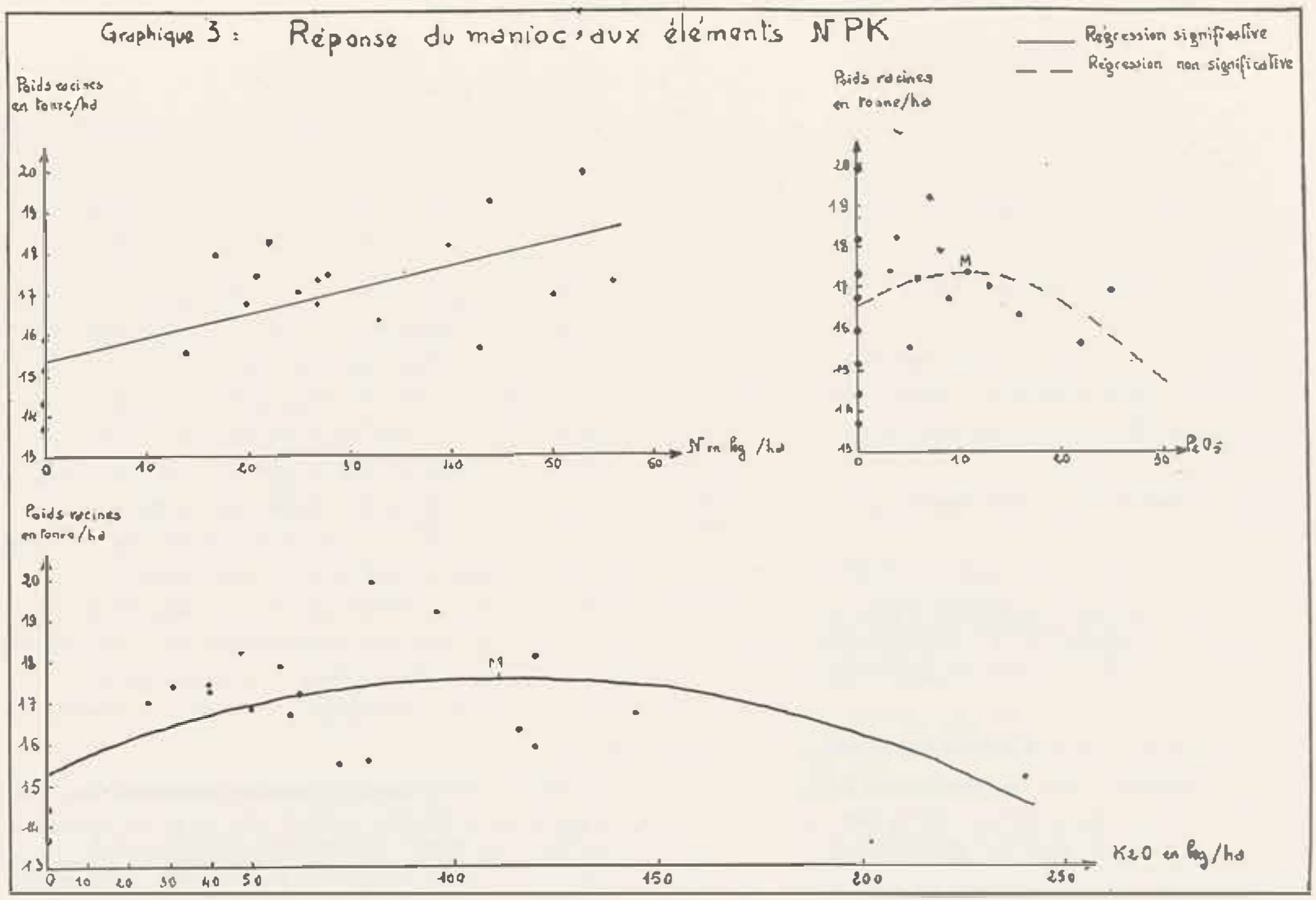
2) Incidence de la fumure NPK sur les qualités technologiques des racines.

a) Le poids moyen des racines :

Aucune influence décelable statistiquement. Toutefois il convient de noter une valeur arithmétique élevée pour la formule I (14 % en plus du témoin). Cette formule est exclusivement potassique.

b) Le % d'écorce des racines :

Aucune influence décelable de l'engrais minéral sur ce paramètre que ce soit pour les doses ou les équilibres.



c) Richesse en amidon :

L'amidon a été dosé par la méthode de Gabriel Bertrand sous la conduite de notre camarade R. Quet, toutefois les dosages n'ont pu être effectués que pour six blocs.

Richesse en amidon

Tableau d'analyse de la variance

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Nombre de degrés de liberté	Variance	F Calculé	F des tables 0,05	F des tables 0,01
Parcelles initiales :						
Variation totale	187	11				
Blocs	164	5	32,8	7,45		
Doses	1	1	1	1		
Erreur (a)	22	5	4,4			
Parcelles élémentaires	525	119				
Parcelles initiales	187	11				
Equilibres	11	9	1,22	< 1	1,97	2,59
Equilibres × doses	59	9	6,55	2,198		
Erreur (b)	268	90	2,98			

On notera que seules les interactions : équilibres × doses se révèlent significatives dans le tableau d'analyse de la variance. Les variations sont d'ailleurs faibles : entre le meilleur équilibre et le moins bon il y a seulement 8 % d'écart.

ESSAI SUR LA DATE ET LE MODE D'APPLICATION DE L'ENGRAIS MINÉRAL.

Un essai mené en « factorial confounding » 3 × 3 × 3 fut mis en place pour étudier ces facteurs.

a) La date d'application.

Etant donné la longueur du cycle cultural du manioc, il apparaissait intéressant de déterminer l'époque optimum de l'application de l'engrais. L'utilisateur a en effet le choix d'effectuer cette opération, soit au moment de la plantation en escomptant une meilleure reprise et un coup de fouet donné à la végétation, soit l'année suivante pour stimuler la croissance des racines quelques mois ou semaines avant l'arrachage.

Trois traitements furent utilisés :

1) apport d'engrais au moment de la plantation en septembre 1956,

2) apport d'engrais effectué pour moitié :

au moment de la plantation
au début juillet de l'année suivante,

3) l'engrais est apporté en totalité au cours de la deuxième année en juillet 1957.

b) Le mode d'épandage.

La technique d'apport de l'engrais doit être elle-même précisée en fonction des considérations suivantes :

La faible densité relative à laquelle le manioc est planté (un pied an m² environ).

L'apport possible de la fumure minérale, en plusieurs fractions échelonnées dans le temps, qui peut laisser espérer des plus-values intéressantes pour des applications effectuées au plus près des pieds, dont on désire augmenter les performances.

Trois modes d'épandage sont ainsi étudiés :

1) épandage à la volée,

2) localisation de l'engrais en poquet à proximité du pied (15 cm),

3) apport en side-dressing double dans deux lignes situées à 15 cm de part et d'autre de la ligne de plantation.

c) L'essai enfin comporte trois formules d'engrais appliquées à la dose uniforme de 300 kg à l'hectare soit :

F1	0	0	60
F2	10	0	30
F3	10,7	5,4	19,7

TABLEAU 3. — ANALYSE DE LA VARIANCE

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degré de liberté	Variance	F Calculé	F des tables 0,05	F des tables 0,01
Variation totale	397,78	53				
Blocs	50,13	5				
Dates d'épandage	74,17	2	37,08	8,06*	3,44	5,72
Modes d'épandage	20,68	2	10,34	2,25	3,44	
Formules d'engrais	30,10	2	15,05	3,27	3,44	
Dates × modes	36,23	4	9,06	1,97	2,82	
Dates × formules	35,52	4	8,88	1,93	2,82	
Modes × formules	2,82	4	0,70	< 1	2,82	
Dates × modes × formules nc	20,69	4	5,87	1,28	2,40	
Dates × modes × formules pc	26,30	4				
Erreur	101,14	22	4,60			

Terme de correction $= \frac{(916,7)^2}{54} = 15.561,83$

Erreur standard/parcelle = 2,145

Moyenne générale = 16,98 C.V. = 12,63 %

Les résultats peuvent être résumés comme suit :

1) La date de l'épandage:

	Rt/ha en tonnes	Rt rapporté au premier traitement
Application en sept. 1956	18,5	100
Application en deux fois	16,8	91
Application en juill. 1957	15,6	84

L'épandage en début de plantation est supérieur à toute autre pratique. Cette pratique est significativement différente du traitement « application en deux fois ». La différence entre la date 1 et la date 3 est différente de façon très hautement significative.

L'apport d'engrais, réalisé pour moitié au moment de la mise en place et pour l'autre moitié au début de la saison des pluies suivantes, est supérieur à la troisième méthode.

Nous en retiendrons que l'engrais doit être apporté en une seule fois au moment de la plantation.

2) La formule d'engrais

Voisine du seuil de signification d'après le tableau d'analyse de la variance, la formule 1 riche en potasse est supérieure, au seuil 5 %, à la formule 2.

3) Le mode d'épandage

Les rendements observés sont les suivants :

	Rt/ha observé en tonnes	Rt rapporté au traitement « à la volée »
Volée	16,3	100
Poquet	16,8	103
Side-dressing	17,8	109

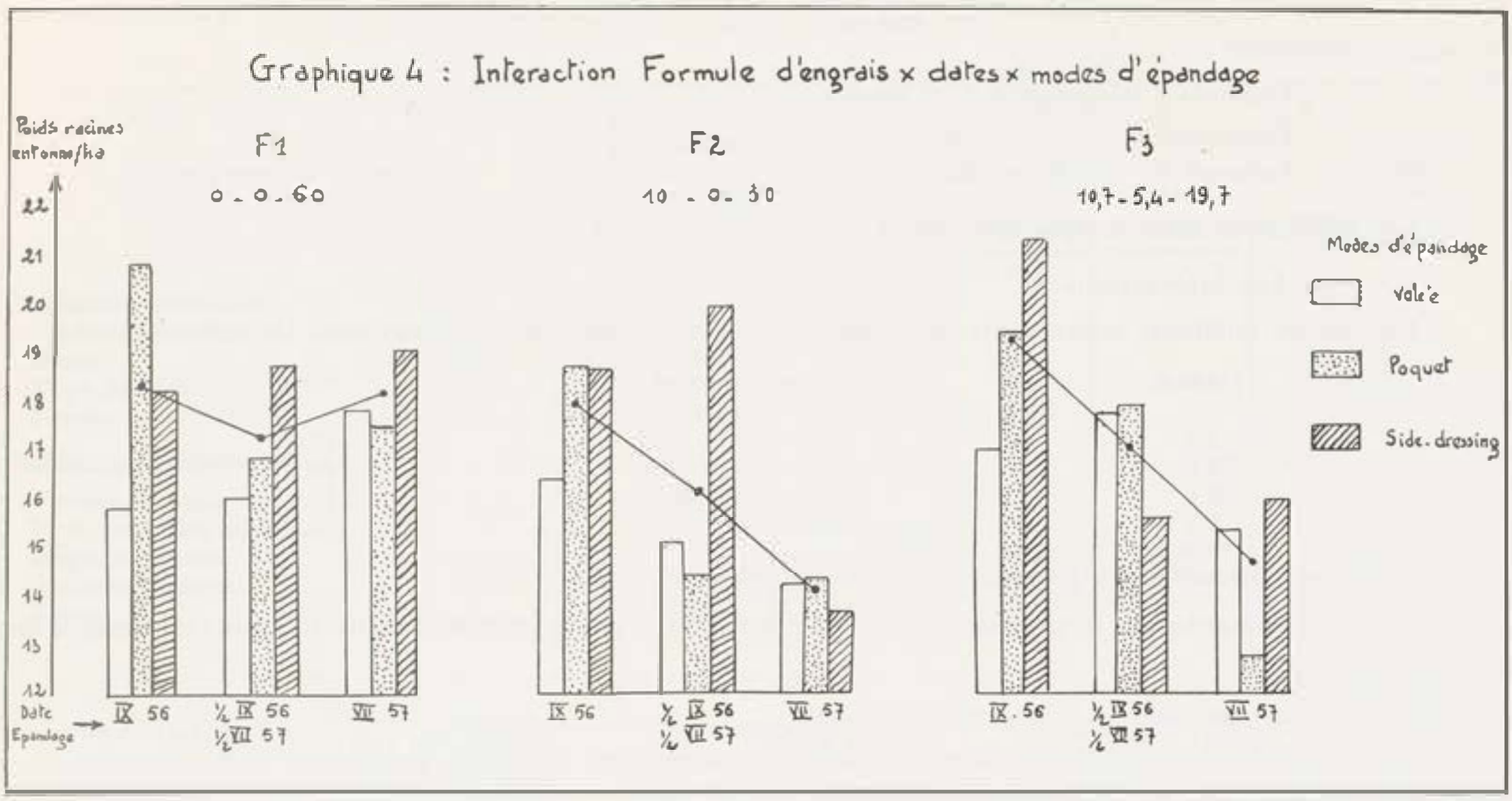
Le traitement à la volée est significativement inférieur au traitement « side-dressing » au seuil 5 %.

Bien que l'interaction dates × modes d'épandage × formules d'engrais ne soit pas significative, nous pouvons retirer d'intéressantes indications du graphique 4.

1) Intérêt de la localisation de l'engrais lorsque l'épandage est fait à la plantation (septembre 1956).

2) La formule F1, uniquement potassique, n'accuse pas, de septembre 1956 à juillet 1957, la baisse régulière constatée pour les deux autres formules.

Ce fait nous donne à penser que les besoins en potasse chez le manioc s'accroissent vers la fin de la végétation.



II) La matière organique.

Comment peut être apportée cette matière organique ?

Deux sources possibles peuvent être utilisées :

1) Le fumier de ferme : celui-ci n'est encore que fort rarement utilisé dans les régions septentrionales de l'ouest africain. Les deux raisons fondamentales sont les suivantes :

a) L'agriculture autochtone n'a pas encore réalisé l'intégration du bétail dans l'exploitation.

b) Les difficultés d'arrosage pendant les sept à huit mois de saison sèche.

2) La fumure verte est plus facile à obtenir et à exploiter *a priori*. Toutefois son emploi est limité, si l'on ne peut faire appel à la traction animale permettant seule d'opérer sur de grandes surfaces.

1) Expérimentation sur l'apport de matière organique par application de fumier de ferme.

Quatre doses de fumier apportées immédiatement avant la plantation, sont comparées entre elles :

Témoin sans fumier
2,5 t de fumier à l'ha.
5 t »
10 t »

auxquelles on ajoute un apport uniforme de 300 kg d'engrais minéral à l'hectare, selon les trois formules suivantes :

α)	0	0	0
β)	0	0	60
γ)	10,0	0	30,0

le dispositif utilisé est celui des blocs de Fisher à parcelles subdivisées : les parcelles initiales sont affectées aux doses de fumier de ferme, les parcelles élémentaires aux compléments NPK.

a) Incidence de l'apport de fumier : action non significative.

b) L'engrais minéral marque par contre de façon très nette. Les moyennes des rendements observés sont les suivantes :

Formule 1 (témoin) = 12,3 tonnes
Formule 2 = 14,4 »
Formule 3 = 15,9 »

Les différences entre chaque traitement sont très hautement significatives.

c) Les interactions :

Les quatre meilleurs traitements non significativement différents entre eux sont les suivants :

Fumier	Engrais minéral	Rt/ha
5 t	10,0 — 0 — 30,0	17,3 t
10 t	10,0 — 0 — 30,0	16,5 t
10 t	0 — 0 — 60	15,6 t
2,5 t	10,0 — 0 — 30,0	15,5 t

2) Apport de matière organique par enfouissement de matière verte.

Cette expérimentation se propose de définir le meilleur type de jachère à enfouir. Trois traitements sont comparés entre eux :

A) Jachère enfouie à la charrue bidisque.

B) Jachère coupée et exportée. La matière organique apportée, provenant exclusivement de la décomposition des organes souterrains des espèces.

C) Jachère fauchée et laissée sur place en mulching.

Dans les trois cas, un complément de fumure minérale à la dose unique de 300 kg/ha est apporté selon les modalités suivantes :

Témoin	0	0	0
Equilibre 1	0	0	60
2	10,0	0	30,0
3	10,7	5,4	19,7

Le dispositif expérimental utilisé est le bloc Fisher à parcelles subdivisées, où les parcelles initiales sont affectées aux types de jachère et les parcelles élémentaires aux équilibres NPK (voir tableau 4).

a) Participation du traitement « type de jachère »

les rendements observés sont les suivants :

Type de jachère	Rendement à l'hectare	Rendement rapporté au témoin
A	9,06 t	100
B	10,13	112
C	10,92	121

Il n'y a pas de différence significative entre les traitements A et B, toutefois le traitement C (mulching) est significativement supérieur (+ 21 %).

b) Participation du traitement « apport d'engrais minéral »

les rendements à l'hectare observés sont les suivants :

	Rendement à l'ha en tonne	Rendement rapporté au témoin
Témoin sans engrais	8,7	100
Equilibre 1	9,6	110
2	11,0	126
3	10,8	124

TABLEAU 4

ANALYSE DE LA VARIANCE

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance	F Calculé	F des tables 0,05	F des tables 0,01
PARCELLES INITIALES :						
Variation totale	1.589,8	23				
Blocs	1.434,8	7				
Type jachère	56,0	2	28,0	3,96*	3,74	6,51
Erreur	99,0	14	7,07			
PARCELLES ÉLÉMENTAIRES :						
Variation totale	1.852,0	95				
Part. parcelles initiales	1.589,8	23				
Engrais minéral	81,5	3	27,2	10,46**		4,11
Jachère × engrais	14,4	6	2,4	< 1	2,25	
Erreur	166,3	63	2,6			

Terme de correction $Y = \frac{(963,6)^2}{96} = 9.672,1$

Erreur standard/parcelle = 1,613 t/ha
Moyenne générale = 10,04 t/ha
C.V. = 16,07 %

Il n'y a pas de différence significative entre les équilibres 2 et 3, lesquels sont respectivement très supérieurs au témoin, THS et HS. L'équilibre 2 est lui-même significativement supérieur au traitement 1. L'apport de P_2O_5 ne semble pas être justifié dans ces types de sols.

c) Les interactions ne sont pas significatives.

CONCLUSION — RÉSUMÉ. — *La culture du manioc revêt le plus souvent un aspect primitif dans les zones septentrionales de l'ouest africain. La relative facilité technique de cette spéculation, son bas prix de revient et les rendements élevés obtenus font d'elle une culture pionnière, qui précède l'installation plus longue et plus coûteuse de vergers ou de cultures maraichères : c'est dire l'archaïsme des techniques utilisées. Tout autre est l'incorporation du manioc dans un assolement, où l'on peut jouer sur l'exploitation de plusieurs espèces. Les problèmes posés sont alors infiniment plus complexes :*

ordre des diverses spéculations dans l'assolement,
problèmes de fertilisation,
maintien et élévation du niveau de fertilité du sol.

Les études rapportées dans ce mémoire sont une ouverture sur les travaux à entreprendre dans un proche avenir.

SUMMARY. — *The cultivation of cassava takes most of the time a primitive character in the northern areas of west africa. From a financial point of vue, the relative easiness of this technique, its low cost and high yields make it a pilot crop, preceding the establishement of orchards or market-garden crops which will take more time and money : that reveals the archaic state of the technics used.*

The incorporation of manioc into a rotation is quite different because one can take advantage of the exploitation of several species. The problems raised are then infinitely more complex :

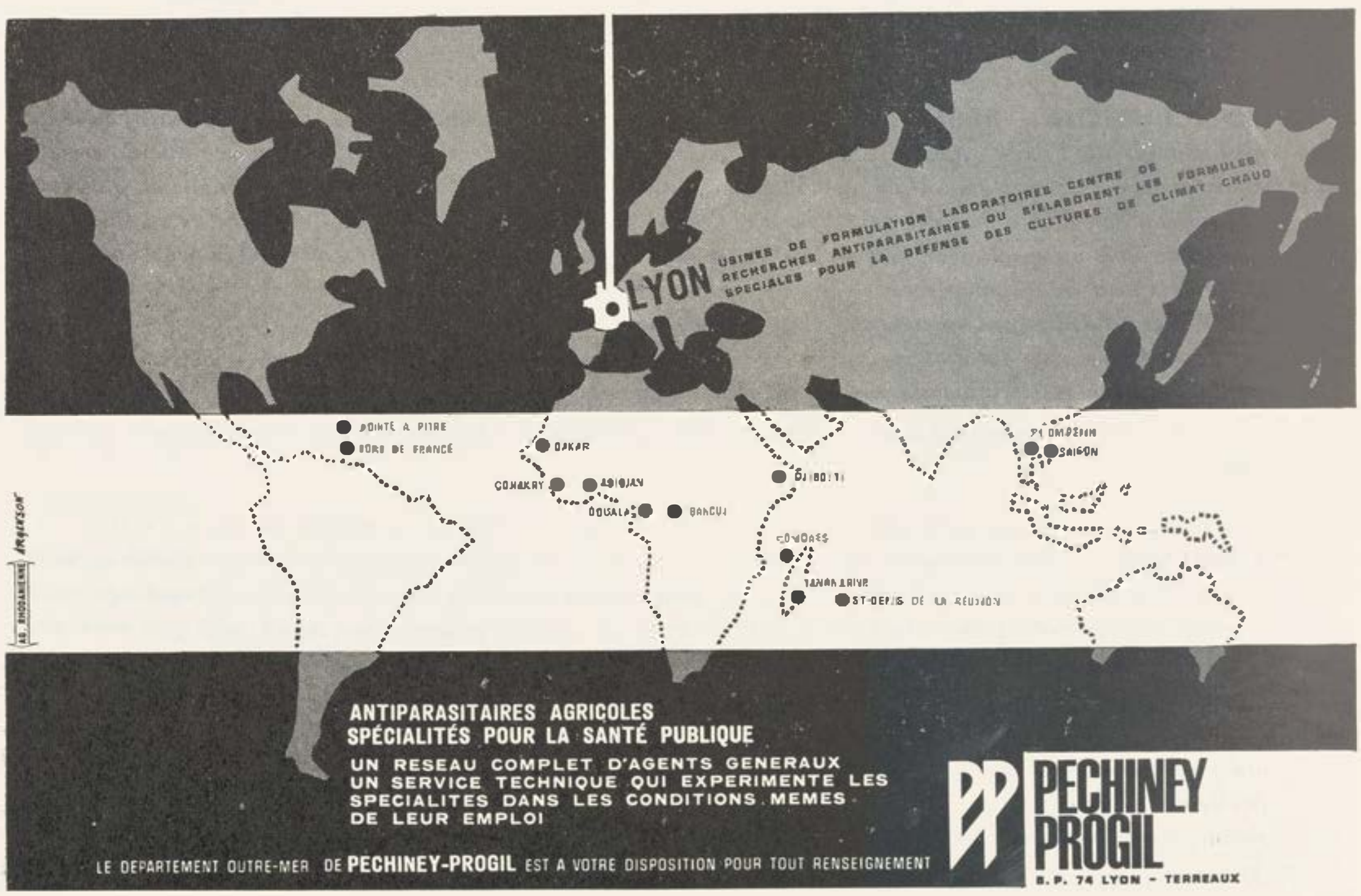
order of the various speculations in rotation,
problems of fertilization,
maintenance and increase of the soil fertility-level.

The studies reported in this work are calling for new research in a near future.

RESUMEN. — *El cultivo de la mandioca tiene muchas veces un aspecto primitivo en las zonas setentrionales de la Africa Occidental. Por la relativa facilitad técnica de la especulación, el bajo costo de producción y los rendimientos elevados es un cultivo precursor que precede o otros cuja instalación es más costosa, los de árboles frutales y hortalizas. Las técnicas de cultivo actuales son muy arcaicas. Por eso sería interesante incorporar el cultivo de la mandioca en un sistema de rotación. Enfrentaríase sin embargo una série de problemas muy complexos :*

orden de las especies cultivadas
técnicas de fertilización
conservación y elevación del nivel de feracidad del suelo.

Trátase aquí de un estudio preliminar para facilitar la comprensión de los trabajos que han de emprenderse.

BIBLIOGRAPHIE

COURS (G.). — Le diagnostic foliaire et les carences : essais de fumure. Recherche Agronomique de Madagascar, Compte Rendu, 1953, p. 78 à 88.