

ex 2 à intégrer

FR

SEMINAIRE IMPHOS

---

"PRODUCTION AGRICOLE ET MAINTIEN DE LA FERTILITÉ  
DES SOLS EN ZONE TROPICALE"

---

YAMOISSOUKRO - COTE D'IVOIRE  
DECEMBRE 1984

FERTILISATION DU MANIOC  
(*Manihot esculenta* CRANTZ, var. Bonoua)  
EN BASSE COTE D'IVOIRE - ETUDE DE CAS

J.P. RAFFAILLAC et G. NEDELEC  
Laboratoire d'Agronomie  
Centre ORSTOM d'Adiopodoumé  
B.P. V51 ABIDJAN - COTE D'IVOIRE

ORSTOM Fonds Documentaire  
N° : 22867 ex 1  
Cote : B

FERTILISATION DU MANIOC (*Manihot esculenta* CRANTZ,  
var. Bonoua) EN BASSE COTE D'IVOIRE. ETUDE DE CAS.

J.P. RAFFAILLAC\* et G. NEDELEC\*

INTRODUCTION

L'intensification de la production vivrière décidée par le gouvernement ivoirien pour atteindre une autosuffisance alimentaire durable passe obligatoirement par l'amélioration des techniques existantes mais aussi par l'introduction de nouvelles techniques culturales. Ceci est particulièrement vrai pour le manioc dans le sud-ivoirien où l'extension en surface des cultures pérennes de rente restreint les terres cultivables. Ce sont donc des parcelles de qualité médiocre (niveau de fertilité, topographie) cultivées sur de longues périodes qui sont consacrées à ce vivrier. Deuxième de par sa production annuelle (environ 1.200.000 tonnes), il garde cependant une place de choix dans les systèmes culturaux de la zone forestière. Une fertilisation adaptée devient donc un des facteurs de maintien et d'amélioration de la production du manioc qui est par ailleurs peu rémunérateur, et de fait exige des coûts de production très bas.

De toutes les études consacrées à la fertilisation du manioc, il est difficile de retirer des traits généraux vis-à-vis des éléments majeurs N, P et K tant les réponses enregistrées à travers le monde (JENNINGS, 1970, HAHN *et al.*, 1979) sont variables et contradictoires. En Côte d'Ivoire, MIEGE (1957) obtient des surplus de rendements significatifs avec le nitrate de potasse. Dans ses essais multilocaux, POUZET (1983) n'observe aucune amélioration de la production avec un ternaire 10-18-18, exception faite d'un site.

\* Laboratoire d'Agronomie, Centre ORSTOM d'Adiopodoumé,  
B.P. V51, ABIDJAN, Côte d'Ivoire.

Les besoins par élément. En fin de cycle, une culture sur 16 mois immobilise en moyenne sur Adiopodoumé : N : 187 unités, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 80 unités, K<sub>2</sub>O : 141 unité, CaO : 138 unités et MgO : 50 unités pour un niveau de production de racines de 30 tonnes/hectare. On peut estimer les exportations (tubercules et tiges pour matériel de plantation) entre 56 et 67% de ces quantités.

D'une manière générale, l'azote favorise le développement de la végétation et reste essentiellement un facteur d'amélioration du feuillage, alors que le rôle du potassium est entre autres d'assurer le transfert des métabolites et l'élaboration des molécules glucidiques de réserve. Le rôle plastique du phosphore en tant que constituant de la matière végétale est doublé d'un rôle métabolique qui place cet élément à chaque instant de la vie d'une plante à une position essentielle énergétique.

Le manioc a une particularité vis-à-vis du phosphore de par l'existence d'endomycorhizes (ZAAG *et al.*, 1979). KANG *et al.* (1980) situent bien le rôle positif de ces champignons endoparasites sur la croissance du manioc en début de cycle pour des niveaux faibles de phosphate dans le sol. En Côte d'Ivoire, une enquête dans le sud et dans certaines zones de savane a montré que cette association symbiotique était partout présente, quels que soient la variété, le type de sol et les façons culturales (SAVARY, 1982). Une expérimentation préliminaire conduite à Adiopodoumé en serre montre une augmentation du poids sec des tiges et racines à 3 mois de 25 à 50% sur un sol inoculé par rapport à un sol stérilisé, accompagnée par une baisse significative du phosphore total du sol (0,560% - sol stérilisé - contre 0,535 % - sol inoculé).

La mise au point d'une fumure adaptée au manioc a été consacrée aux deux éléments N et K, et raisonnée à partir de la connaissance de la répartition de la matière sèche au cours du cycle cultural (COURS, 1951). En moyenne, les deux premiers mois

J.P. RAFFAILLAC, G. NEDELEC

du cycle concernent essentiellement l'installation de la couverture végétale et c'est sur cette première phase que peut jouer l'azote en améliorant la quantité et la qualité du feuillage. C'est en général vers 1,5 à 2 mois que débute réellement l'accumulation des réserves sous forme d'amidon (LOWE *et al.*, 1981). Un apport potassique à cette période favoriserait cette phase qui continuera tout au long de la vie de la plante plus au moins intensément selon les séquences climatiques.

#### EXPERIMENTATION

Un essai a été mis en place en début de saison des pluies fin mars 1983. Les traitements mis en comparaison sont indiqués dans le tableau 1. Le dispositif expérimental retenu est le carré latin.

Tableau 1. Traitements (unités fertilisantes)

Référence	N (UREE)	P2O5 (PHOSPHATE TRICALCIQUE)	K2O (KCl)
Témoin N0 K0	0	40	0
N0 K200	0	40	200
N100 K0	100	40	0
N100 K200	100	40	200
N200 K400	200	40	400

La figure 1 présente la répartition des pluies au cours du cycle cultural. L'apport d'urée (à 46 % de N) est réalisé une semaine après la plantation alors que les premières racines ont commencé à coloniser le sol. L'apport de chlorure de potassium (60 % de K<sub>2</sub>O) est effectué soit totalement à 1,5 mois (F1), soit pour moitié à 1,5 mois et pour moitié à 3,5 mois (F2), ceci pour diminuer les risques de lessivage de K du fait de l'importance des pluies. Les parcelles sont pour cela subdivisées en deux (split-plot).

(INSERER FIGURE 1)

L'essai est conduit sur sol sableux caractéristique de la Rasse Côte d'Ivoire (Tableau 2). Le précédent cultural était constitué de manioc âgé de 18 mois, les tiges et feuilles étant

broyées puis enfouies au rotavator sur 15 centimètres. Un épandage de 500 kg de chaux à 78% de CaO est réalisé avant plantation.

Tableau 2. Caractéristiques chimiques du sol avant plantation (Horizon 0-15 cm).

Carbone total %	8,62
Azote total %	0,65
C/N	13,27
Matière organique %	1,50
Ca (mEq/100 g)	0,73
Mg "	0,17
K "	0,05
Na "	0,01
Somme "	0,96
CEC (T) "	3,85
S/T (%)	24,94
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. Olsen ‰	0,46
pH	4,73

(l'apport de chaux a ramené le pH à 4,97 après 2 mois et à 5,30 après 11 mois).

La composition granulométrique moyenne est de : argile 8,3%, limon 2,2% et sable 87,7% pour le même horizon.

Matériel végétal. La variété retenue est une variété locale douce, "BONOUA". Les boutures (poids moyen : 80 grammes, longueur moyenne : 20 centimètres et nombre de noeuds : 7,6) sont enfouies à la main pour 2/3 de façon oblique. L'écartement entre plantes est de 1 x 1 mètre (densité = 10.000 plantes/hectare), chaque sous-parcelle comprend 42 plants utiles. Le desherbage est manuel.

Des contrôles de croissance sont effectués par mesure du diamètre de raccordement des tiges sur la bouture de 8 plants par sous-parcelle. Le diagnostic foliaire est réalisé par analyse des principaux éléments sur la plus jeune feuille complètement développée de chaque tige principale sur ces 8 plants à 4 reprises : un jour avant le premier apport KCl, un mois après celui-ci, un jour avant le deuxième apport KCl, un mois après ce dernier. A chaque prélèvement, la longueur du lobe médian de chaque feuille est relevée. A la récolte, l'étude porte individuellement sur les composantes du rendement : nombre et poids des tubercules et le poids des parties aériennes.

De nombreux autres contrôles effectués au cours du cycle et à la récolte pour suivre en particulier les effets de la fertilisation sur l'architecture des plants, la contamination virale, la qualité du rendement ne sont pas reportés ici.

## RESULTATS

La mesure du lobe médian  $L$  du limbe de la feuille servant de contrôle pour le Diagnostic foliaire reflète bien la surface  $S$  de cette feuille. Pour 180 échantillons, la relation est  $S = 0,006 L^{2,074}$  ( $r = 0,968$ ). Le tableau 3 montre que seul au premier contrôle il existe une différence significative entre les traitements ayant reçus de l'azote, le doublement de la dose n'augmentant pas plus cette surface.

Tableau 3 : Comparaison de la longueur du lobe médian (représentatif de la surface du limbe) des feuilles relevées pour le D.F. sur les traitements "F1" (en cm).

Age	Témoin N0K0	N0 K200	N100 K0	N100 K200	N200 K400
47 Jours	16,6 (a)	16,7 (a)	17,5 (b)	17,9 (b)	17,6 (b)
78 J	17,7 (a)	17,8 (a)	18,5 (a)	18,0 (a)	18,3 (a)
106 J	17,9 (a)	18,4 (a)	18,2 (a)	18,5 (a)	18,5 (a)
141 J	15,1 (a)	15,8 (a)	15,6 (a)	15,8 (a)	15,9 (a)

(les valeurs sur chaque ligne suivies d'une lettre différente sont significativement différentes du témoin pour  $p = 0,05$  - test DUNNETT).

Le tableau 4 regroupe l'ensemble des résultats obtenus sur les contrôles de nutrition par Diagnostic Foliaire. Les teneurs en Azote total sont plus importantes jusqu'au 106ème jour sur les traitements recevant de l'azote.

Tableau 4 : Teneur en éléments minéraux de la feuille de manioc pour 4 contrôles de Diagnostic Foliaire suivant la fertilisation.

DATES	TEMOIN N0 K0		N0 K200		N100 K0		N100 K200		N200 K400	
DF1 - 47 JOURS										
N %	5,04		5,57		6,01		6,45		6,22	
P %	0,56		0,57		0,52		0,50		0,58	
K %	1,81		1,82		1,83		1,79		1,87	
Ca %	0,74		0,70		0,67		0,78		0,78	
Mg %	0,38		0,37		0,40		0,37		0,38	
DF2 - 78 JOURS										
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
N %	5.19	5.05	5.23	5.42	5.45	5.45	5.50	5.48	5.45	5.74
P %	0.42	0.42	0.44	0.45	0.42	0.43	0.45	0.43	0.48	0.51
K %	1.77	1.79	1.82	1.88	1.60	1.64	1.88	1.70	1.96	2.00
Ca %	0.67	0.62	0.63	0.66	0.63	0.66	0.68	0.62	0.63	0.65
Mg %	0.26	0.26	0.26	0.27	0.25	0.25	0.26	0.25	0.25	0.27
DF3 - 106 JOURS										
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
N %	5.19	5.09	5.10	5.05	5.23	5.17	5.44	5.38	5.60	5.40
P %	0.49	0.50	0.50	0.53	0.50	0.49	0.55	0.49	0.53	0.54
K %	1.73	1.66	1.82	1.79	1.53	1.53	1.91	1.62	1.84	1.85
Ca %	0.66	0.68	0.66	0.67	0.66	0.66	0.66	0.64	0.71	0.75
Mg %	0.30	0.29	0.29	0.30	0.28	0.27	0.31	0.28	0.29	0.29
DF4 - 141 JOURS										
	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2	F1	F2
N %	4.82	4.37	4.78	5.22	4.98	5.05	5.02	4.62	5.05	5.19
P %	0.35	0.36	0.35	0.38	0.35	0.36	0.33	0.36	0.35	0.38
K %	1.30	1.22	1.40	1.44	1.16	1.11	1.30	1.13	1.31	1.33
Ca %	0.75	0.72	0.72	0.75	0.81	0.83	0.80	0.77	0.81	0.89
Mg %	0.25	0.25	0.24	0.25	0.25	0.23	0.25	0.25	0.25	0.25

(Pas de différence significative entre le témoin et les traitements).

Le phosphore garde une teneur constante quel que soit l'apport azoté ou potassique. Les teneurs en potassium ne sont pas modifiées par l'apport fractionné en deux fois du chlorure de potassium comparé à l'apport unique. Le traitement N100 K0 possède un taux en potassium inférieur au témoin N0 K0. D'une manière générale,

L'apport d'une fertilisation potassique rehausse le taux de l'élément dans la feuille, le dernier contrôle sur les sous-parcelles "F1" fait trois mois après l'apport unique révèle une homogénéisation des taux. Le fractionnement en deux de l'apport KCl permet au seul traitement N0 K200 d'augmenter la teneur en potassium. L'apport d'azote sur N100 K0 entraîne de façon constante une baisse de la teneur en K sur ce traitement par rapport au témoin sur les 3 derniers contrôles. Le calcium et la magnésium gardent les mêmes taux quels que soient les traitements.

La mesure du diamètre de base de chaque tige permet d'évaluer correctement le niveau de croissance du plant au cours du temps. Il existe en effet une bonne corrélation entre ce diamètre et le poids de la partie aérienne correspondante, en cours de cycle et à la récolte :

$$P.S. = 0.05 D^{2.43}, r = +0,93 (n = 30) \text{ à } 50 \text{ jours}$$

$$P.S. = 0.22 D^{2.13}, r = +0,90 (n = 29) \text{ à } 123 \text{ jours}$$

$$P.F. = 0,004 D^{4.02}, r = +0,88 (n = 30) \text{ à } 16 \text{ mois}$$

(PS, PF : poids sec et poids frais en gramme, D : diamètre en mm).

Le tableau 5 qui regroupe l'ensemble des contrôles indique un développement plus grand de la partie aérienne sur les traitements recevant 100 unités d'azote. L'apport double du traitement N200 K400 ne favorise pas la croissance jusqu'au 56ème jour.

Tableau 5 : Evolution du diamètre moyen en mm d'une tige pour chaque traitement au cours du temps.

Age	Témoin K0 K0	N0 K200	N100 K0	N100 K200	N200 K400
56 Jours	15,2 (a)	14,8 (a)	16,6 (b)	16,1 (b)	14,5 (a)
99 J	21,4 (a)	21,7 (a)	23,7 (b)	22,7 (b)	22,8 (b)
149 J	22,6 (a)	23,1 (a)	25,1 (a)	25,0 (a)	23,7 (a)
246 J	24,0 (a)	24,0 (a)	25,3 (a)	25,0 (a)	24,8 (a)
294 J	24,0 (a)	24,4 (a)	25,3 (a)	25,0 (a)	24,8 (a)
Récolte (476 J)	24,0 (a)	24,9 (a)	25,3 (a)	25,1 (a)	24,8 (a)

(les valeurs sur chaque ligne suivies d'une lettre différente sont significativement différentes du témoin pour  $p = 0,05$  - Test de DUNNETT).



Le nombre moyen de tiges par plant étant le même quel que soit le traitement (2,38), les valeurs sont ramenées à une tige et regroupent à la fois les observations des sous-parcelles F1 et F2.

Les caractéristiques de la récolte sont indiquées dans le tableau 6. Seul l'apport potassique permet une augmentation du rendement, l'apport d'urée ayant un effet dépressif.

Tableau 6 : Caractéristiques des plants à la récolte suivant les traitements.

		Témoin N0 K0	N0 K200	N100 K0	N100 K200	N200 K400
Poids moyen tubercules par plant (g)	F1	1656 (a)	1983 (b)	1323 (b)	1526 (a)	1538 (a)
	F2	1640 (a)	1997 (b)	1394 (b)	1700 (a)	1436 (a)
Nombre par plant	F1	6,2 (a)	7,7 (a)	6,8 (a)	6,3 (a)	7,1 (a)
	F2	6,9 (a)	6,7 (a)	6,9 (a)	6,8 (a)	6,0 (a)
Index de récolte (Moyenne F1 et F2)		0,28 (a)	0,32 (b)	0,24(b)	0,25 (a)	0,26 (a)

(Sur la ligne, les valeurs suivies d'une lettre différente sont significativement différentes du témoin pour  $p = 0,05$  - test DUNNETT).

L'équilibre entre la production de tubercules et la production totale de matière fraîche par plant, donné par l'index de récolte, est modifié significativement par rapport au témoin : la part des tubercules augmente avec N0 K200 et elle diminue avec N100 K0.

## DISCUSSION

L'objectif premier de l'apport azoté en début de cycle d'augmenter le feuillage est atteint : la surface captrice d'énergie lumineuse est significativement plus grande pour les feuilles et l'ensemble de la partie aérienne est favorisé jusqu'à

3 mois (Tableau 5). Cela s'accompagne par une élévation des teneurs en azote des feuillés. Cependant l'apport potassique réalisé sur ces mêmes traitements ne permet pas un gain de production en racines tubérisées servant d'accumulateur de réserve des produits élaborés de la photosynthèse. La figure 2 qui met en relation l'équilibre N/K de la feuille à 4,5 mois et la production en racines tubérisées rend compte d'un effet dépressif des fortes valeurs de ce rapport sur le rendement. Il existe donc un antagonisme entre ces deux éléments que J.E. OKEKE *et al.* signalent au Nigeria. Un apport azoté en début de cycle favorise la végétation et modifie à la récolte l'équilibre entre la production utile et la masse de matière végétale totale élaborée que représente l'index de récolte (Traitement N100 K0 - Tableau 6). Cependant un apport potassique au moment où débute l'accumulation des réserves dans les racines n'aide pas forcément la migration des substances élaborées par la photosynthèse vers ce lieu de stockage si un taux seuil de l'azote total au niveau de la feuille semble dépassé. Dans notre cas, seul l'apport de chlorure de potassium sur le traitement N0 K200 a permis une accumulation plus grande de réserve sans que l'on puisse se prononcer sur les modes d'action que citent CONTI *et al.* (1982) pour la betterave sucrière : augmentation de l'échange net du carbone, exportation accrue à partir des feuilles des produits du métabolisme, ou plus probablement synthèse de l'amidon favorisée. La baisse du taux de K sur le traitement N100 K0 par rapport au témoin peut rendre compte d'une compétition au niveau absorption racinaire entre N ( $\text{NH}_4^+$ ) et  $\text{K}^+$  bien que les apports soient séparés dans le temps.

(INSERER FIGURE 2)

Un aperçu économique de la pratique d'une fertilisation minérale du manioc s'impose compte tenu de son prix relativement faible par rapport aux autres vivriers. Sur la base d'un prix moyen de 20 francs CFA au kilogramme, le surplus de rendement apporte un gain supplémentaire de 68 000 francs à l'hectare. Comparé au coût de l'apport des 200 unités de potassium par du chlorure de potassium à 60%, sur la base de 65.000 francs la tonne, soit 22.000 francs à l'hectare, le bénéfice net est de 46.000 francs. Une fertilisation potassique dans ces conditions reste rentable pour une variété traditionnelle peu productive - en moyenne 16 tonnes à l'hectare -, mais très appréciée des consommateurs ivoiriens.

## CONCLUSION

Dans notre étude, seul l'apport de KCl est positif sur le niveau du rendement atteint à 16 mois et devient économiquement rentable. L'antagonisme entre N et K décelé au niveau de la feuille lors du Diagnostic Foliaire invite à une grande prudence sur une tentative de favoriser le développement de la partie aérienne par apport azoté en début de cycle. Un certain équilibre entre N et K entraîne un blocage de l'effet du potassium sur l'accumulation supplémentaire des réserves glucidiques.

Dans les conditions de notre essai où l'incorporation dans le sol des résidus de récolte du cycle précédent est réalisé, la minéralisation de la matière organique a pu suffir à elle seule à assurer une bonne croissance de la partie aérienne sans augmenter le taux d'azote de la feuille. L'apport supplémentaire d'azote, outre la compétition entre l'absorption de N et K au niveau racinaire, a entraîné une consommation de luxe gênant le rôle du potassium dans le métabolisme de la plante et finalement empêchant une augmentation supplémentaire de réserves dans les racines tubérisées.

## BIBLIOGRAPHIE

- CONTI (T.R.) and GEIGER (D.R.), 1982. Potassium nutrition and translocation in sugar beet. *Plant Physiol.*, 70, 168-172.
- COURS (G.), 1951.- Le manioc à Madagascar. Mémoire de l'Institut Scientifique de Madagascar, série B, Tome 3, n° 2, 204-400.
- HAHN (S.K.), TERRY (E.R.), LEUSCHNER (K.), AKOBUNDU (I.O.), OKALI (C.) and LAL (R.), 1979.- Cassava improvement in Africa. *Field Crops Research*, 2, 193-226.
- JENNINGS (D.L.), 1970.- Cassava in Africa. *Field Crop Abstracts*, 23, 3, 271-278.
- KANG (B.T.), ISLAM (R.), SANDERS (F.E.) and AYANABA (A.), 1980.- Effect of phosphate fertilization and inoculation with VA-mycorrhizal fungi on performance of cassava grown on an Alfisol. *Field Crops Research*, 3, 83-94.
- LOWE (S.B.), MAHON (J.D.) and HUNT (L.A.), 1981.- Early development of cassava (*Manihot esculenta*). *Can. J. Bot.*, 60, 3040-3048.
- MIEGE (J.), 1957.- Essais culturaux sur le manioc. *J. Agric. Trop. et Bot. Appl.*, 4, 9-10, 402-441.
- OKEKE (J.E.), KANG (B.T.) and OBIGBESAN (G.O.), 1982.- Effects of fertilizers and plant age on distribution of nutrients in Nigeria cassava (*Manihot esculenta*). *Expl. agric.*, 18, 4, 403-411.
- POUZET (D.), 1980-1984.- Rapports semestriels d'exécution technique. Recherches d'accompagnement manioc. doc. SODEPALM - IDESSA, Bouaké, Côte d'Ivoire.
- SAVARY (S.), 1982.- Données préliminaires sur les endomycorhizes à vésicules et arbuscules du manioc en Côte d'Ivoire. Doc. ORSTOM, multigr., 7 p., Centre d'Adiopodoumé, Abidjan, Côte d'Ivoire.
- VANDER ZAAG (P.), FOX (R.L.), DE LA PENA (R.S.) and YOST (R.S.), 1979.- P nutrition of cassava, including mycorrhizal effects on P, K, S, Zn and Ca uptakes. *Field Crops Research*, 2, 253-263.

hauteur des pluies en mm

FIGURE 1 : précipitations journalières sur ADIOPODOUME .

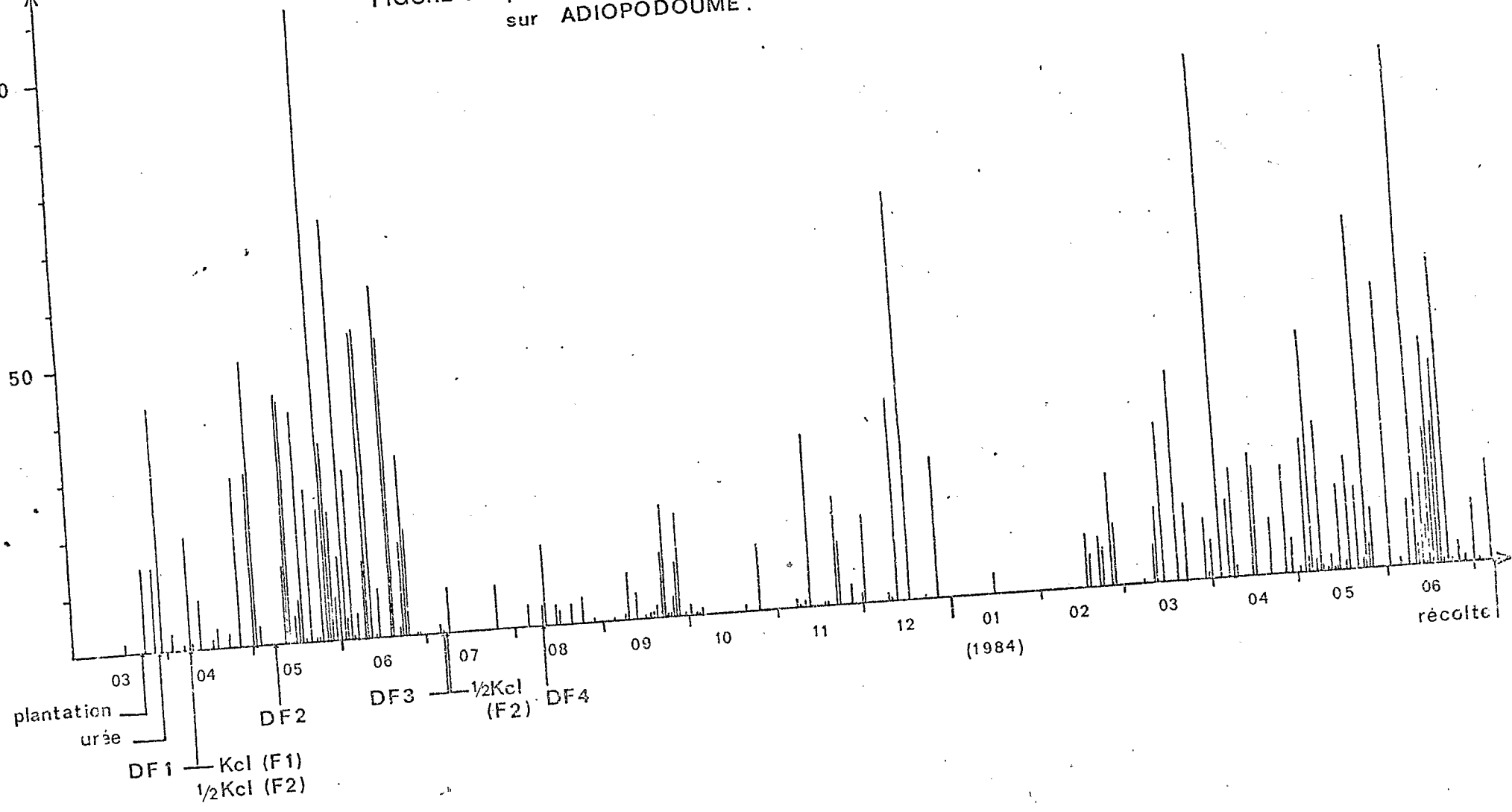


FIGURE 2 : relation entre l'équilibre N/K de la feuille à 4,5 mois et la production du plant à la récolte.

