

# Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun

## II. ANALYSES FOLIAIRES (fin) (\*)

par J. MARCHAL, P. MARTIN-PRÉVEL, J.-J. LACŒUILHE et P. LOSSOIS

*Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).*

RECHERCHE D'UN ÉQUILIBRE K/N  
DANS LA PRODUCTION DE L'ANANAS FRAIS  
AU CAMEROUN

II. ANALYSES FOLIAIRES

par J. MARCHAL, P. MARTIN-PRÉVEL,  
J.-J. LACŒUILHE et P. LOSSOIS (I. F. A. C.).

*Fruits*, vol. 25, n° 2, février 70, p. 87 à 95.

**RÉSUMÉ.** — L'étude des teneurs en N, P, K, Ca, Mg de la feuille D (entière) dans les deux essais réalisés montre le rôle prédominant de la fumure azotée. En fonction de la climatologie, elle détermine la croissance potentielle de l'ananas et par là sa consommation de potasse qui, sur sol riche, peut devenir énorme. L'existence d'une réaction azote-croissance, faisant tendre la teneur en N des feuilles D successives vers un taux d'équilibre égal à 1 %, se vérifie. Mais la tranche d'azote située au-dessus de ce niveau paraît améliorer la corrélation entre la masse foliaire développée au cours de la vie végétative et le poids du fruit obtenu ; les niveaux déficitaires en K agiraient en sens inverse. A certaines saisons l'acidité du fruit se relie directement à la teneur en K de la feuille D. Celle-ci a plafonné entre 5,5 et 5,9 %. Les apports d'engrais azotés et potassiques agissent sur la nutrition en P, Ca et Mg dans des sens différents selon les éléments et les conditions de milieu.

L'étude de la fumure azote-potasse pour l'ananas produit en frais sur les sols volcaniques du Cameroun a été entreprise par J.-P. GAILLARD au moyen de deux essais, dont les caractéristiques et les résultats agronomiques ont été exposés en détail dans la première partie (\*).

### RAPPEL DU PROTOCOLE

Pour la compréhension des résultats exposés ci-dessous, il est essentiel d'en conserver un certain nombre de traits présents à l'esprit :

1° Il s'agit de deux essais conduits selon un protocole identique : poids des rejets, contrôle phyto-

sanitaire, conditions du forçage à la floraison, choix des traitements ; les combinaisons étudiées étaient :

$N_0K_0$	$N_1K_0$	$N_2K_0$
	$N_1K_1$	$N_2K_2$
	$N_1K_2$	$N_2K_4$

avec  $N_1 = 2$  g d'azote par plant  
 $K_1 = 2$  g de  $K_2O$  par plant  
répartis en 3 pulvérisations égales (1 mois, 2 mois 1/2, 4 mois).

(\*) Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. I. Résultats agronomiques, par J. P. GAILLARD, *Fruits*, vol. 25, n° 1, p. 11-24, 1969.

2° Mais ces deux essais différaient par :

a) la date de plantation : 15/3/1966 pour l'essai n° 1 et 17/10/1966 pour l'essai n° 2.

b) certaines caractéristiques du sol, dont en particulier la richesse en potassium échangeable ; celles-ci pouvant découler en partie de :

c) l'antécédent cultural (établi depuis des années) :

n° 1 : bananier, suivi d'une jachère de 7 mois,

n° 2 : ananas, suivi d'une jachère de 8 mois.

### ÉCHANTILLONNAGE

Comme dans la plupart des essais ananas de l'I. F. A. C., l'analyse foliaire a porté sur la feuille « D » entière et non pas sur sa seule partie basale non chlo-

rophyllienne (utilisée notamment aux îles Hawaii). Ce mode d'échantillonnage permet en effet, par le calcul des masses d'éléments contenues dans les feuilles, une interprétation plus quantitative.

Les feuilles « D » sont prélevées sur 24 plants tirés au sort parmi la population observée de la parcelle. Après pesée, elles sont coupées en petits morceaux que l'on mélange soigneusement ; puis on en conserve une aliquote de 200 g sur laquelle seront déterminées les teneurs en matière sèche, N, P, K, Ca, Mg.

Deux prélèvements ont été opérés par J.-P. GAILLARD dans chaque essai :

— l'un à 4 mois, juste avant le troisième et dernier apport d'engrais,

— l'autre à 6 mois, deux semaines avant le forçage à la floraison.

## L'AZOTE DANS LA FEUILLE « D »

Dans les deux essais, les teneurs en azote sont à peu près proportionnées aux doses reçues (tableau I). Cela est surtout vrai à 4 mois. A 6 mois, les différences entre traitements sont plus faibles car les teneurs du témoin tendent à augmenter, alors que les traitements fertilisés voient les leurs diminuer d'autant plus intensément qu'elles étaient plus élevées à 4 mois. Hormis le cas du niveau N<sub>1</sub> dans l'essai n° 1, les écarts restent cependant significatifs à 6 mois, surtout dans l'essai n° 2 (dont les teneurs en azote sont toujours supérieures à celles de l'essai n° 1).

	TABLEAU 1 Teneurs en azote (% de matière sèche - Feuille D entière)				TABLEAU 2 Masses foliaires théoriques (grammes)			
	Essai n° 1		Essai n° 2		Essai n° 1		Essai n° 2	
	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois
NOK0	0,95	1,03	1,13	1,21	119	384	125	376
K0	1,26	1,04	1,37	1,39	189	680	159	525
N1 K1	1,23	0,98	1,39	1,29	192	720	151	547
K2	1,21	0,99	1,35	1,33	193	760	161	608
K0	1,52	1,15	1,68	1,54	210	858	208	645
N2 K2	1,54	1,11	1,68	1,47	208	863	184	670
K4	1,52	1,11	1,70	1,44	207	875	196	733
ppds 5 p. cent	0,11	0,06	0,09	0,11	19	60	15	60
1 p. cent	0,15	0,09	0,12	0,15	26	81	20	81

#### a) Essai n° 1.

Le témoin se trouve, à 6 mois, au taux d'équilibre azoté de 1,0 %, teneur en azote de la feuille D au-dessus de laquelle l'ananas réagit par une augmentation de croissance foliaire (2). La réaction joue pleinement avec la dose N<sub>1</sub>, à peine moins avec la dose N<sub>2</sub> qui, à côté d'un supplément de croissance moins que proportionnel (voir tableau II), laisse subsister une légère élévation du taux d'azote. Dans les conditions de cet essai n° 1, on peut donc conclure

que la croissance atteint son optimum relatif pour une dose d'azote comprise entre 2 et 4 g. Au-delà elle pourrait certainement augmenter encore, et avec elle le rendement, avec un facteur d'efficacité décroissant. Ce serait encore rentable, sous réserve des limites imposées par l'augmentation du poids moyen : on ne peut indéfiniment la contrer par des densités accrues ou des cycles raccourcis. Les teneurs encore faibles des parcelles N<sub>2</sub> signifient que, sur ce sol riche en bases échangeables, des doses supérieures d'azote auraient encore été absorbées par la plante avec possibilité d'action sur la vitesse de la croissance et sur son niveau final ; des doses allant jusqu'à 10 ou 12 g s'emploient couramment, aux Antilles par exemple.

#### b) Essai n° 2.

Il est toujours au-dessus du taux d'équilibre de 1,0 % et les teneurs y sont plus influencées par les doses d'azote reçues. Par contre, celles-ci augmentent moins les masses foliaires (tableau II) : la masse végétale synthétisée est donc plus faible mais plus riche en azote, et les quantités d'azote absorbées

par la plante différent donc moins entre les deux essais que ne le feraient croire les masses foliaires. Cela signifie que, pendant la période végétative, des teneurs élevées en azote ne correspondent pas obligatoirement à une croissance maximum : ce peut être l'inverse ; l'azote, facteur principal de la croissance, peut être plus ou moins bien utilisé pour celle-ci.

### c) Différences entre les deux essais.

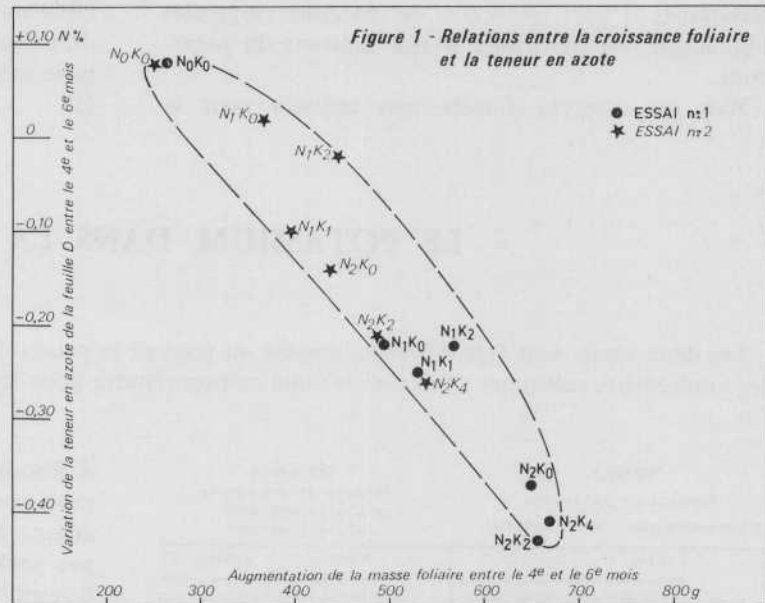
Elles peuvent s'expliquer par des raisons d'ordre :

1. *Climatique.* La croissance est plus rapide à l'intersaison d'avril à juin (essai n° 1) qu'en pleine saison sèche de novembre à février. L'azote conditionne la croissance, mais la capacité immédiate d'utilisation de cet élément varie avec les conditions climatiques qui déterminent la croissance potentielle du plant d'ananas. C'est le couple climat-azote qui règle la croissance.

2. *Nutritionnel.* Dans l'essai n° 1, les doses croissantes de potasse pour une même dose d'azote n'augmentent presque jamais les masses foliaires, alors que dans l'essai n° 2 elles exercent un net effet positif à 6 mois. Cet accroissement de volume n'induit qu'une baisse légère et non significative des teneurs correspondantes en azote : parallèlement à la stimulation de croissance, la fumure potassique a donc augmenté l'absorption quantitative d'azote. Dans l'essai n° 2, comme nous le savons, la potasse était un facteur limitant de la croissance alors que ce n'était pas le cas dans l'essai n° 1.

### d) Signification de l'azote dans la feuille D.

La teneur en azote se révèle donc un caractère de valeur limitée pour établir un diagnostic. Le contenu en azote de la feuille D (produit de son poids sec par sa teneur) est certainement plus intéressant pour caractériser la croissance potentielle de l'ananas au long de sa vie végétative comme pendant la fructification. Le poids de la feuille D à un âge donné exprimant la vitesse de croissance de la plante (4,5), son contenu en azote a un caractère dynamique représentant toute la nutrition (2), ce qui en fait l'intérêt. Cette notion (cf. tableau VII) ne peut



malheureusement pas être mise en œuvre ici à tous les prélèvements, car pour des raisons techniques les poids secs n'ont pas tous été déterminés ; mais on en trouve une illustration dans la figure 1 : sur l'ensemble des deux essais, il y a une même corrélation entre l'accroissement de masse foliaire de 4 à 6 mois et la diminution de teneur en azote dans le même intervalle.

De même la persistance de différences de teneurs selon les traitements, plus accusées dans l'essai n° 2 que dans l'essai n° 1, explique la pente des droites de régression plus accentuée dans la fig. 12 que dans la fig. 11 de l'article précédent. Les réserves d'azote au-dessus de 1,0 % sont toujours à peu près nulles dans l'essai n° 1, alors que dans l'essai n° 2 elles sont de plus en plus importantes quand les poids de feuilles D ou les masses foliaires augmentent ; n'ayant pas été utilisées pour la croissance foliaire, elles permettent une croissance du fruit plus que proportionnée à l'importance du système foliaire, avec un taux d'amplification croissant au fur et à mesure que l'on se déplace vers la droite des figures.

On s'attendrait alors à voir les droites de régression de l'essai n° 2 démarrer plus haut que celles de l'essai n° 1 sur la gauche des figures, puisque même au niveau N<sub>0</sub> la teneur en azote y est supérieure à 1,0 %. Si elles démarrent au contraire plus bas, cela tient aux influences saisonnières et nutritionnelles évoquées ci-avant ; la reconduction des deux essais à une même date de plantation permettra de

déterminer la part respective de ces deux catégories d'influences, en particulier le rôle limitant du potassium.

Mais ces réserves d'azote non utilisées pour la

croissance foliaire correspondent à des pourcentages décroissants de succès du traitement florigène, comme nous avons déjà pu le constater dans d'autres études (1).

## LE POTASSIUM DANS LA FEUILLE D

Les deux essais sont très différents comme on pouvait le penser d'après les analyses de sol, résultant en partie des antécédents culturaux : l'ananas est une culture réputée pour épuiser le sol en potasse (3).

TABLEAU 3  
Teneurs en potassium  
(% de matière sèche - Feuille D entière)

	Essai n° 1		Essai n° 2			Essai n° 1		Essai n° 2	
	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois		4 mois	6 mois	4 mois	6 mois
N0	5,04	4,89	2,77	2,14	N0K0	0,420	0,457	0,291	0,208
N1 K0	5,31	5,44	2,27	1,64	K0	0,283	0,333	0,192	0,153
N2	5,48	5,04	2,24	1,70	N1 K1	0,274	0,297	0,184	0,125
N1 K1	5,72	5,25	3,02	2,16	K2	0,259	0,257	0,190	0,141
N1 K2	5,54	5,34	3,59	2,78	K0	0,245	0,250	0,170	0,147
N2	5,90	5,35	3,49	2,62	N2 K2	0,219	0,197	0,161	0,107
N2 K4	5,70	5,30	3,89	3,31	K4	0,221	0,206	0,158	0,127
ppds <sup>5</sup> p. cent	0,31	N.S.	0,35	0,26		0,021	0,023	0,021	0,026
1 p. cent	0,41		0,47	0,35		0,028	0,030	0,029	0,035

TABLEAU 4  
Teneurs en phosphore  
(P % de matière sèche -  
Feuille D entière)

d'absorber de grandes quantités d'éléments minéraux pourvu que ceux-ci soient fournis à un rythme adapté à celui de ses possibilités. Sa fumure ne pose pas seulement les problèmes classiques de doses et d'équilibre des constituants, mais aussi ceux de leur répartition dans le temps. Un des objectifs poursuivis par les travaux actuels de l'I. F. A. C. est de rechercher à placer l'ananas, tout au long de sa vie végétative, dans des conditions telles qu'il puisse manifester au maximum ses capacités étonnantes de croissance.

### a) Effets de la fumure azotée appliquée seule.

Sans apport de potasse ( $K_0$ ), les effets des doses croissantes d'azote sur les teneurs en potassium de la feuille D s'inversent d'un essai à l'autre (tableau III, trois premières lignes). Elles augmentent avec la dose de N dans l'essai n° 1 et diminuent dans l'essai n° 2. L'azote provoque dans les deux cas une réaction de croissance, mais sur sol riche en potassium le « rendement » de l'activité physiologique de la plante dans son ensemble est accru et l'utilisation des réserves du sol est augmentée plus que proportionnellement. On voit le mécanisme de l'épuisement progressif du sol par des cultures successives d'ananas : la fumure azotée peut provoquer une consommation énorme de potasse. Au contraire, sur sol pauvre la fumure azotée accroît les besoins en potasse mais ceux-ci ne peuvent pas être satisfaits : on constate dans la feuille un effet de dilution classique (2), les teneurs diminuent mais non les masses totales absorbées (tableau VII).

Par son action sur la croissance, c'est l'azote qui règle les besoins en potassium de l'ananas. Cette plante est extraordinairement « goulue », capable

### b) Essai n° 1.

Toutes les teneurs en potassium y sont très élevées et on n'observe que peu de différences parmi celles-ci. Aucun écart n'est significatif à 6 mois, avec une moyenne vers 5,25 %. A 4 mois,  $N_0K_0$  et  $N_1K_0$  seuls s'écartent très significativement du maximum observé chez  $N_2K_2$ , traitement au poids moyen de fruit le plus élevé ; pour chaque dose d'azote, la teneur maximum en potassium est obtenue avec un rapport  $K_2O/N = 1$ . Cet équilibre donne également les contenus totaux d'une feuille D les plus élevés en N, P, K, Ca, Mg (tableau VII) et il est nécessaire et suffisant pour conférer au fruit une acidité convenable : il correspond à l'optimum physiologique dans les conditions de l'essai.

Les teneurs supérieures à 5,5 % correspondent donc approximativement au niveau de saturation en potassium de la feuille D. Quand on passe du rapport  $K_2O/N = 1$  au rapport  $K_2O/N = 2$ , cela représente une grande variation par rapport au volume des plants de moins de 4 mois. Cependant l'augmentation de la masse foliaire est faible et en tout cas non significative, surtout au niveau  $N_2$  ; la masse totale de potassium contenue dans la plante est donc

très peu accrue ; le contenu en K d'une feuille D est même diminué. Il apparaît que l'excès de la potasse appliquée en pulvérisation provoque un freinage de l'absorption, voire le déclenchement d'un mécanisme de rejet par les feuilles ou par les racines. Le niveau 5,7-5,9 % de potassium correspond dans cet essai au maximum supporté par la feuille D, au-delà duquel elle régularisera sa teneur par des réactions défavorables si elle ne peut plus augmenter sa croissance ; c'est donc le début d'une véritable toxicité.

### c) Essai n° 2.

Toutes les teneurs y sont faibles, ne dépassant pas 3,9 % à 4 mois et 3,3 % à 6 mois. L'effet de la fumure potassique est donc bien différent : sur ce sol relativement pauvre en potassium, pour une même dose d'azote, la teneur en K croît toujours significativement avec les quantités de potasse reçues.

L'interaction de la fumure azotée sur la nutrition potassique est alors plus complexe que dans l'essai n° 1 : on retrouve dans certains cas un effet positif de l'azote sur les teneurs en K, s'ajoutant à l'effet négatif par dilution mentionné ci-dessus. Au niveau  $K_0$ , on note déjà une stabilisation de la teneur en potassium entre  $N_1$  et  $N_2$ , bien que  $N_2K_0$  ait une masse foliaire supérieure à  $N_1K_0$  ; le contenu total en potassium d'une feuille D (ou d'un plant), qui ne varie pas sous l'effet de la première dose d'azote, augmente avec la deuxième dose : celle-ci stimule donc l'absorption globale par les racines, peut-être en accroissant leur volume et par là le degré d'exploration du sol. L'azote reste, sur ce sol, le premier facteur limitant de la croissance ; le potassium n'intervient qu'en second lieu.

Au niveau  $K_2$ , le seul où l'on puisse à nouveau comparer  $N_1$  et  $N_2$ , même constatation : malgré la masse foliaire plus importante de  $N_2K_2$ , sa teneur en potassium ne diffère pas de celle de  $N_1K_2$  ; la deuxième dose d'azote n'exerce pas d'effet de dilution grâce à l'accroissement de l'absorption racinaire.

Finalement, les teneurs en potassium de l'essai n° 2 aux niveaux  $K_1$ ,  $K_2$  et  $K_4$  s'étagent uniquement en fonction de la dose de potasse reçue, sans considération pour la dose d'azote, alors que cet élément fourni seul commence par abaisser la teneur en potassium. L'absence dans le dispositif expérimental des combinaisons sans intérêt pratique  $N_0K_1$ ,  $N_0K_2$ , etc., en tronquant le domaine des actions et interactions des deux éléments, empêche de bien voir par quels mécanismes ce résultat est atteint.

### d) Signification du potassium et des relations azote-potassium dans la feuille D.

Par son action sur la croissance, l'azote détermine les besoins en potassium de l'ananas. Mais, comme on le voit par exemple au niveau  $K_2$  dans l'essai n° 2, il lui donne en même temps — dans une certaine mesure — les moyens de les satisfaire. Il augmente toujours l'absorption quantitative du potassium par la plante ; cela d'abord par une production accrue de matière végétale, racines comprises, mais qui n'est pas nécessairement accompagnée d'un effet de dilution. A la limite se situe le cas de l'essai n° 1 où l'azote arrive même à accroître les teneurs en K. C'est pourquoi l'azote est le principal responsable de l'épuisement en potasse des sols à ananas.

Quels que soient les mécanismes par lesquels varie la teneur en K de la feuille D, c'est elle qui agit sur le fruit. Aux faibles niveaux potassiques, elle améliore la croissance et par là le rendement, comme on le voit dans l'essai n° 2.

En outre, dans ce même essai n° 2, elle apparaît directement responsable de l'acidité du fruit : comparer la 4<sup>e</sup> colonne du tableau III ci-dessus avec la 3<sup>e</sup> colonne du tableau XIII dans l'article précédent ; l'étagement des valeurs est exactement le même. C'est pourquoi sur ce sol et à cette saison, lorsque la fumure comporte à la fois azote et potasse, la qualité du fruit est déterminée par la dose de potasse et non par le rapport  $K_2O/N$  dans l'engrais. 2 g de  $K_2O$  contrebalancent les effets néfastes de l'azote (baisse d'acidité puis d'extrait sec), 4 g améliorent l'acidité, 8 g la rendent excessive par rapport à l'extrait sec car celui-ci n'augmente pas.

Dans l'essai n° 1, les effets sur la qualité sont presque aussi faibles que les variations de teneur en K ; on ne peut donc trouver une corrélation nette. La baisse d'acidité due à l'azote est moitié moindre, mais elle n'est absolument pas liée à une baisse de teneur en K ; on peut donc penser que la fumure azotée agit sur l'acidité, pour partie, par une voie autre que le niveau foliaire de K. Au surplus les relations feuilles-fruits sont moins profondes dans cet essai, puisque les régressions correspondantes ont une pente moins accentuée. L'azote, entièrement utilisé pour la croissance avant la différenciation florale, a pu aboutir par exemple à des rapports surface foliaire/poids du fruit croissants, qui par l'intermédiaire de la photosynthèse justifieraient l'augmentation d'extrait sec enregistrée ici à l'inverse

de l'essai n° 2. Par ailleurs, si le plafonnement des acidités dans les traitements  $N_1K_1$  à  $N_2K_4$  correspond bien au plafonnement des teneurs en K dans la feuille D, les valeurs atteintes sont nettement en-

dessous de celles obtenues dans l'essai n° 2 avec des teneurs en K très inférieures ; le climat saisonnier modifie donc profondément l'influence de la nutrition potassique sur l'acidité du fruit.

## LE PHOSPHORE DANS LA FEUILLE D

Les teneurs observées présentent des écarts significatifs dans les deux essais, mais elles diffèrent profondément de l'un à l'autre (tableau IV).

### a) Variations avec l'âge.

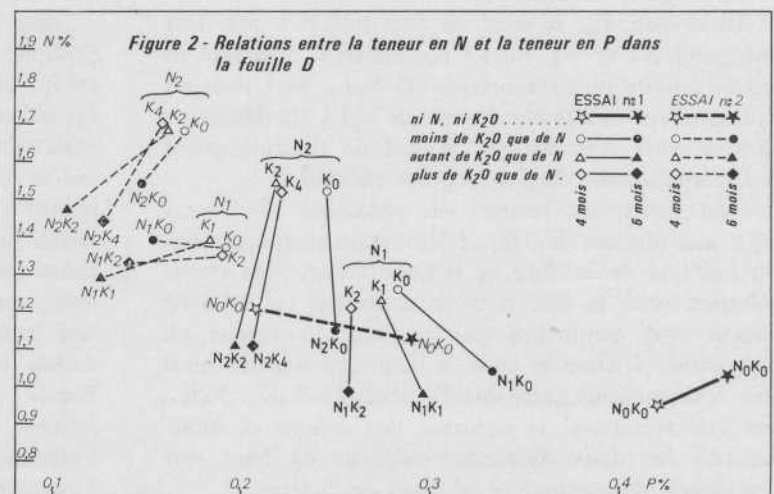
Dans l'essai n° 1, les teneurs déjà élevées dans l'ensemble à 4 mois augmentent encore à six mois, sauf celles initialement les moins hautes :  $N_1K_2$  et  $N_2K_0$  restent stables vers 0,24-0,26 %,  $N_2K_2$  et  $N_2K_4$  décroissent de 0,22 % à 0,20-0,21 %. Il semble que le meilleur équilibre physiologique se situe vers 0,23-0,25 % : les valeurs plus élevées et augmentant avec l'âge correspondent, dans l'ensemble, à de moins forts accroissements de masses foliaires ; elles signifient sans doute un luxe superflu mais non nocif.

Dans l'essai n° 2, les teneurs plus faibles à 4 mois (sauf chez le témoin) diminuent toutes nettement et deviennent peut-être insuffisantes chez certains traitements. Pourtant le sol est presque aussi largement pourvu que celui de l'essai n° 1 : 500 p. p. m. de  $P_2O_5$  extractible par l'acide citrique contre 690 p. p. m. Cette fois les plus fortes diminutions de la teneur foliaire en P correspondent, en gros, aux niveaux initiaux les plus élevés mais aussi aux moins forts accroissements de masses foliaires.

Cela indique-t-il le passage de l'optimum physiologique à des valeurs limitantes, ou est-ce une conséquence — sans répercussion fâcheuse — du décalage des saisons entre les deux essais ? La reprise de ceux-ci à une même date en 1968 résoudra peut-être l'alternative, encore que l'optimum du phosphore puisse différer selon les saisons et selon l'état de nutrition potassique. Cependant, dans un essai mené en Côte d'Ivoire, les apports phosphorés n'ont pas agi sur la croissance ni sur le rendement, alors qu'à 4 et 5 mois ils élevaient les teneurs foliaires en P par rapport à un témoin contenant 0,10-0,09 % de P et 4,1-4,5 % de K dans ses feuilles D

(à 6 et 7 mois, le témoin comme les traitements avec engrais phosphorés passaient à 0,11-0,13 % de P et 4,8-4,1 % de K).

D'autre part, toujours en Côte d'Ivoire, les teneurs en P semblent varier surtout en fonction de l'évolution de la matière organique dans le sol : elles augmentent avec le temps quand la sole précédente a été enfouie récemment, elles diminuent dans le cas contraire (série d'essais non publiés). Ici le délai a été le même, mais avant la plantation de l'essai n° 1 les résidus d'une bananeraie sont restés enfouis pendant 4 mois de saison sèche et sans travail du sol ; tandis que le terrain de l'essai n° 2 a conservé les résidus moins abondants d'une sole ananas pendant 4 mois de saison de pluies, avec façon culturale mensuelle. La vitesse de minéralisation a donc pu être très différente. Que cette hypothèse soit valable ou non, la fig. 2 montre que malgré certaines analogies les deux essais ne constituent pas une même famille : considérer notamment les témoins  $N_0K_0$ .



## b) Variations selon les traitements.

Dans les deux essais, les teneurs en P s'étagent en raison inverse des doses d'azote reçues et des niveaux de cet élément dans la feuille D. La figure 2 présente l'ensemble des relations entre teneur en N et teneur en P. Il s'agit d'abord d'un effet de dilution dans une masse foliaire accrue, très habituel chez l'ananas (et le bananier) pour les relations entre N et P. Un antagonisme vrai s'y ajoute au moins au début, dans les deux essais : à 4 mois (tableau VII) le contenu en phosphore d'une feuille D diminue graduellement de N<sub>0</sub> à N<sub>2</sub>.

Par contre, dans l'essai n° 2 à 6 mois, les teneurs en P ne diffèrent plus entre N<sub>1</sub> et N<sub>2</sub> : l'absorption totale est augmentée par l'azote et supprime la dilution. Il est normal que, lorsque le niveau de nutrition phosphorée diminue, la stimulation de croissance de la plante finisse par augmenter le prélèvement racinaire d'un phosphore qui ne fait pas défaut dans le sol. D'autre part les réactions de croissance, cause des faux antagonismes (par dilution), sont incomplètes dans cet essai puisque l'azote reste très supérieur à 1 % dans la feuille D.

Pour une même dose d'azote reçue, les apports d'engrais potassique abaissent aussi les teneurs en phosphore dans l'essai n° 1. Cet effet est plus net à 6 mois qu'à 4 mois, où il est cependant bien perceptible sur le contenu total d'une feuille D en phosphore. Il ne peut s'agir que d'un antagonisme véri-

table, dont on voit mal le mécanisme : les teneurs foliaires en K ne fournissent pas d'explication suffisante, car de N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> à N<sub>1</sub>K<sub>2</sub> elles diminuent sans que l'antagonisme sur P cesse de s'exercer (mais il cesse entre N<sub>2</sub>K<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>K<sub>4</sub>, aux teneurs en P moins élevées). Les baisses de teneur en Mg sous l'effet de la potasse sont trop faibles pour pouvoir être invoquées. Il ne reste plus que l'anion SO<sub>4</sub><sup>-</sup> du sulfate de potasse, mais on peut se demander si, appliqué en pulvérisation sur le feuillage, il est capable d'exercer un tel freinage sur l'absorption de l'anion phosphorique par les racines.

Dans l'essai n° 2, les apports potassiques n'ont pas d'effet notable sur les teneurs en P à 4 mois, malgré les légers accroissements de poids de feuille D. Mais outre la différence de saison, on a ici l'effet de la potasse à des niveaux de nutrition en K faibles sur une nutrition phosphorée moins élevée, elle aussi, que celle de l'essai n° 1. A six mois, les teneurs en P diminuent de N<sub>1</sub>K<sub>0</sub> à N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> et de N<sub>2</sub>K<sub>0</sub> à N<sub>2</sub>K<sub>2</sub>, soit avec apport d'une dose de potasse égale à la dose d'azote ; puis elles augmentent presque significativement quand on passe au rapport K<sub>2</sub>O/N = 2, en dépit (ou à cause ?) du nouveau supplément de croissance enregistré.

Ce dernier fait est inexplicable ; il y a encore de nombreux mystères à élucider dans la nutrition phosphorée de l'ananas. Dans ces essais elle ne varie que par contre-coup ; les interactions observées à sens unique ne permettent pas de bâtir des hypothèses complètes.

## LE CALCIUM ET LE MAGNÉSIUM DANS LA FEUILLE D

Chez l'ananas ces deux éléments subissent un fort antagonisme de la part du potassium (3). On peut donc s'attendre à trouver des résultats très différents dans les deux essais.

TABLEAU 5  
Teneurs en calcium

(Ca % de matière sèche - Feuille D entière)

	Essai n° 1		Essai n° 2		Essai n° 1		Essai n° 2	
	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois	4 mois	6 mois
N0 K0	0,522	0,454	0,538	0,779	0,179	0,186	0,260	0,334
K0	0,527	0,554	0,673	0,849	0,162	0,190	0,289	0,296
N1 K1	0,536	0,511	0,590	0,664	0,177	0,167	0,268	0,247
K2	0,499	0,482	0,612	0,805	0,163	0,171	0,273	0,278
K0	0,552	0,549	0,745	0,886	0,176	0,172	0,274	0,307
N2 K2	0,555	0,580	0,589	0,643	0,177	0,166	0,238	0,253
K4	0,554	0,584	0,638	0,657	0,170	0,162	0,251	0,236
ppds 5 p. cent	N.S.	0,079	0,112	0,144	N.S.	0,016	0,024	0,033
1 p. cent		0,106	0,151	0,194		0,022	0,033	0,044

TABLEAU 6  
Teneurs en magnésium  
(Mg % de matière sèche -  
Feuille D entière)

## a) Calcium.

Il est normal que l'essai n° 1 ne présente pratiquement pas de différences significatives, puisque les teneurs en potassium diffèrent peu. Malgré les niveaux très élevés de K, ceux de Ca le sont également (0,53 % en moyenne à 4 mois comme à 6 mois : tableau V). La richesse du sol en est la cause : 18 meq % de calcium échangeable. Seul le témoin N<sub>0</sub>K<sub>0</sub> se distingue des autres traitements, à 6 mois, indiquant un effet positif de la fertilisation azotée : stimulation d'activité racinaire, comme pour K. Le contenu total

en calcium d'une feuille D est maximum lorsque le rapport  $K_2O/N$  de l'engrais est égal à 1 (tableau VII).

Dans l'essai n° 2 les variations de la teneur en Ca sont plus importantes, mais guère plus significatives en raison de coefficients de variation plus élevés (supérieurs à 15 %). Le niveau général est encore très accru par rapport à l'essai n° 1, alors que le sol est un peu moins riche : il n'y a plus les fortes teneurs en potassium pour opposer au calcium un barrage antagonistique. A 4 mois les apports d'azote seul, sans doute parce qu'ils abaissent les teneurs en K, élèvent celles en Ca ; l'adjonction de potasse à la fumure, à toutes doses, les ramène incomplètement vers la valeur du témoin. A 6 mois, l'effet de l'azote est moins net, mais celui de la potasse s'accroît, amenant les teneurs en Ca au-dessous de celles du témoin (sauf chez  $N_1K_2$ , qui paraît anormal pour

Ca et Mg). La potasse limite ainsi l'augmentation du niveau calcique des feuilles D avec l'âge de la plante.

#### b) Magnésium.

La richesse en potassium du sol et de la plante influe plus sur la nutrition magnésienne que sur la nutrition calcique (tableau VI).

Dans l'essai n° 1 les niveaux sont plutôt inférieurs au seuil critique de 0,18-0,20 % déterminé par nos essais antérieurs (cf. Rapport annuel I. F. A. C. 1963, p. 32-34) et confirmé par les chercheurs portoricains. Contrairement à ce qui se passe pour K et Ca, la fertilisation azotée n'augmente pas les teneurs en Mg ; la tendance serait plutôt inverse quoique non

TABLEAU 7  
Contenu total d'une feuille D à 4 mois  
Masse d'éléments en mg

	N		P		K		Ca		Mg	
	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 1	Essai n° 2
N0 K0	24	33	10,7	8,5	128	81	13,2	15,7	4,5	7,6
K0	47	49	10,5	6,9	198	82	19,7	24,2	6,0	10,4
N1 K1	48	42 *	10,6	5,6 *	222	92 *	20,8	17,9 *	6,9	8,1 *
K2	44	46	9,4	6,5	201	123	18,2	21,0	5,9	9,4
K0	58	62	9,3	6,2	208	82	21,0	27,3	6,8	10,0
N2 K2	62	73	8,8	7,0	237	152	22,3	25,7	7,1	10,4
K4	58	70	8,2	6,5	216	160	20,7	26,3	6,3	10,4

\* = la teneur en matière sèche du traitement N1K1 paraît anormalement faible dans l'essai n° 2

significative : malgré les 4 meq % de Mg échangeable du sol, l'antagonisme des hauts niveaux des deux autres cations est aussi fort, si ce n'est plus, que la stimulation d'activité racinaire. Les apports de potasse abaissent légèrement les teneurs en Mg ; cette diminution n'est pas toujours significative, mais les deux traitements où un début de toxicité potassique a été décelé sont ceux où les niveaux se maintiennent au plus bas : 0,16 % à un prélèvement, 0,17 % à l'autre.

Dans l'essai n° 2 le magnésium échangeable du sol est à un niveau honnête (1,9 meq %), mais de moitié inférieur à celui de l'essai n° 1. Cependant les teneurs

des feuilles D y sont très confortables ; elles croissent avec l'âge chez le témoin et dans les traitements  $K_0$ . L'absorption du magnésium, comme celle du calcium, est libérée de l'antagonisme exercé par le potassium du sol. A 4 mois, l'azote n'exerce pas d'effet cohérent (tendance positive), mais à 6 mois, il abaisse significativement la teneur en Mg. L'action négative de l'engrais potassique, à 4 mois, est modérée ; elle résulte seulement de la dilution dans un poids de feuille D accru (cf. tableau VII). A 6 mois, elle est un peu plus accusée, hormis le cas aberrant de  $N_1K_2$  dû sans doute à l'hétérogénéité du terrain. Mais en aucun cas la teneur en Mg ne s'approche des limites inférieures de l'optimum.



## CONCLUSION

L'ensemble de ces deux essais, très différents sur bien des points, montre essentiellement que la croissance potentielle de l'ananas est déterminée d'abord par la climatologie, ensuite par la fumure azotée. L'action de l'azote détermine les besoins en potasse, mais en même temps elle peut stimuler l'absorption du potassium encore plus qu'elle n'augmente la vitesse de croissance ; cela explique l'épuisement potassique rapide des sols cultivés en ananas. Pour être optimale, la fertilisation N-K de la plante devrait être déterminée, pour chaque cas, en fonction de la climatologie pendant la période de végétation et de la richesse du sol en potassium échangeable.

L'essai n° 1 confirme la régulation par la plante du taux d'azote de ses feuilles D, quand les autres conditions permettent l'utilisation pour la croissance des quantités d'azote dépassant le niveau d'équilibre de 1 %. Dans le cas contraire cet excédent assurera une meilleure valorisation en poids de fruit de la masse foliaire présente lors de l'initiation florale, à moins que n'intervienne un autre facteur limitant, climatique ou nutritionnel : telle l'insuffisance potassique de l'essai n° 2.

L'effet du niveau de nutrition potassique sur la qualité du fruit varie selon les saisons. Par ailleurs les teneurs foliaires en K comprises entre 5,5 et 5,9 % se sont révélées, dans les conditions de l'étude, un plafond correspondant à un optimum physiologique mais au-delà duquel l'augmentation n'est plus possible.

En ce qui concerne les éléments majeurs n'intervenant pas dans les traitements des essais, on observe selon les conditions de sol et de climat des stimulations d'absorption ou bien des effets de dilution, voire des antagonismes vrais. Le magnésium se confirme comme plus affecté que le calcium par l'élévation du potassium. Dans certaines conditions l'engrais potassique agit aussi en antagoniste sur la nutrition phosphorée, qui reste encore très énigmatique chez l'ananas.

### BIBLIOGRAPHIE

- (1) MARCHAL (J.) et LACGUILHE (J.-J.). — Essais floraison 1965 ananas Côte d'Ivoire : Analyses foliaires. *Réunion Annuelle I. F. A. C.*, 1967, Doc. n° 99.
- (2) MARTIN-PRÉVEL (P.). — Aperçu sur les relations croissance-nutrition minérale chez l'ananas. *Fruits*, 1959, vol. 14, n° 3, p. 101-122.
- (3) MARTIN-PRÉVEL (P.), HUET (R.), HAENDLER (L.) et DUGAIN (F.). — Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. I. *Fruits*, 1961, vol. 16, n° 2, p. 49-56. — II. N° 3, p. 113-123. — III. N° 4, p. 161-180. — IV. N° 7, p. 341-351. — V. N° 11, p. 539-557. — VI. 1962, vol. 17, n° 5, p. 211-227. — VII. N° 6, p. 257-261.
- (4) PY (C.) et PÉLEGRIN (P.). — Prévission de récolte en culture d'ananas. *Fruits*, 1958, vol. 13, n° 6, p. 243-251, 1958.
- (5) PY (C.). — Étude sur la croissance de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 1959, vol. 14, n° 1, p. 3-24.



## SYMBOLE DE QUALITÉ

Défend vos cultures contre :

Les herbes :

avec

**QUINOXONE** lourd

ou

**QUINOXONE** 600

Les insectes :

avec

**LINDEX** (charançons)

**CYCLOP** (fourmis)  
(heptachlore)

Les maladies :

avec

**QUINOLATE** 20

ou

**CRYPTONOL**

**LA QUINOLÉINE** - 43, rue de Liège, PARIS (8°) - 387.50.80

## **ALBUMS DE DIAPOSITIVES ÉDITÉS PAR L'I. F. A. C.**

Le diagnostic des altérations, maladies et carences exige *une connaissance exhaustive des divers aspects* sous lesquels une même affection peut se présenter. En ce domaine, la photographie en couleurs est seule capable de suppléer dans une certaine mesure à l'information visuelle directe. Malheureusement, le coût élevé des reproductions ne permet pas à *Fruits* d'en faire bénéficier ses lecteurs avec la fréquence souhaitable. Aussi l'I. F. A. C. a décidé l'utilisation d'un procédé de diffusion mieux adapté.

Chaque ouvrage est présenté sous boîtier cartonné 13 × 18 cm comprenant les diapositives groupées par 6 dans des pochettes avec une légende explicative pour chacune d'elles.

Trois titres ont déjà été édités dans cette nouvelle collection :

### **MALADIES FONGIQUES DES BANANES EN ENTREPÔT**

par **É. LAVILLE** (I. F. A. C.)

Dans le cadre de la lutte contre les pourritures des bananes en mûrisserie, l'auteur s'est efforcé de présenter au lecteur une liste par organe des champignons parasites ou saprophytes isolés à ce jour, en précisant les dégâts auxquels ils sont habituellement associés.

Sous un même boîtier le lecteur trouvera :

— un livret (texte de présentation) comprenant un répertoire des principaux champignons parasites des bananes et de leurs effets sur les différents organes du régime ;

— une série de 30 diapositives en couleurs groupées 6 par 6 sous jaquette plastique transparente avec légendes, utilisables avec tous les projecteurs ou visionneuses usuels.

**Prix : 44,75 F**

### **CARENCE ET TROUBLES DE LA NUTRITION CHEZ LE BANANIER**

par **J.-M. CHARPENTIER** et **P. MARTIN-PRÉVEL** (I. F. A. C.)

Cet album illustre, avec 86 diapositives en couleurs, reproduisant des photographies prises au cours d'expériences en culture hydroponique ou dans des plantations d'Afrique, des Antilles, d'Amérique latine, les aspects des divers troubles de la nutrition minérale actuellement connus chez le bananier : carences, déséquilibres et toxicités.

Le livret qui accompagne les diapositives comporte trois parties :

- 1) un exposé des conditions de validité d'un diagnostic fondé sur l'observation visuelle de la plante ;
- 2) une description détaillée des carences, excès ou déséquilibres avec renvoi aux photographies correspondantes ;
- 3) un tableau synoptique résumant en quelques lignes chacune des descriptions précédentes.

Les légendes des diapositives peuvent être obtenues en anglais.

**Prix : 107,40 F**

### **LES ALTÉRATIONS ET LES MALADIES FONGIQUES D'ENTREPOSAGE DES AGRUMES ET DE DIVERS FRUITS TROPICAUX**

par **É. LAVILLE** (I. F. A. C.)

Ce volume est consacré aux maladies d'entreposage des fruits tropicaux.

Il comporte 84 diapositives en couleurs reproduisant les *symptômes exacts* des maladies fongiques survenant après récolte, sur les fruits exotiques tels que les Agrumes, l'Ananas, l'Avocat, la Mangue, et sur d'autres moins connus comme le Mangoustan, la Passiflore, les Litchis, les Papayes, etc.

Le livret qui les accompagne se compose d'une part de conseils adaptés à chaque fruit, pour en assurer la meilleure conservation et par conséquent la meilleure présentation, et d'autre part de descriptions détaillées des principales maladies pouvant survenir, ainsi que les moyens de les éviter.

**Prix : 116,35 F**

Adresser les commandes à :

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (Service des Publications)  
6, rue du Général-Clergerie, 75-Paris (16<sup>e</sup>)