

LA NUTRITION EN CATIONS DE L'ANANAS EN MARTINIQUE (III-IV)

par J.J. LACOEUILHE et Y. GICQUIAUX

Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer

LA NUTRITION EN CATIONS DE L'ANANAS EN MARTINIQUE (III et IV)

J.J. LACOEUILHE et Y. GICQUIAUX

Fruits, juin 1971, vol. 26, n° 7-8, p. 519-531.

RESUME - La croissance de la plante (III) a été suivie en mesurant le poids des feuilles D successives et en comptant le nombre de feuilles émises. Elle est beaucoup plus rapide et son niveau finalement atteint plus élevé sur les alluvions du bord de la mer que sur les sols lessivés d'altitude. Sur ces derniers, le potassium est le principal cation à action limitante et les fortes précipitations nécessitent un grand fractionnement de la fumure, azotée en particulier.

Les données de l'analyse foliaire (IV) ont été obtenues régulièrement sur les feuilles D, pour les éléments majeurs, dans les deux essais. Les niveaux en oligo-éléments ont été déterminés au moment du traitement de floraison.

En un lieu donné le poids des feuilles D est relié à leur teneur en azote total quel que soit leur âge.

La composition en cations des feuilles D est influencée plus par la dose de potassium que par l'équilibre de la fumure. La fumure potassique élève le niveau du potassium et de la somme des cations dans la feuille D.

Le potassium exerce un antagonisme un peu plus fort sur le magnésium que sur le calcium.

III-LA CROISSANCE DE LA PLANTE

Pour les monocotylédones à croissance rapide telles l'ananas ou le bananier, l'étude de la croissance de la plante est beaucoup plus importante que pour les cultures arbustives. L'ananas est une plante en rosette, chaque feuille se forme au sommet apical et "chasse" les plus anciennes du centre de la rosette. Dans le poids total de la plante (hormis les racines), l'ensemble des feuilles représente une part remarquablement constante avec l'âge et très importante : environ 85 p. cent. La courbe qui donne l'évolution de la masse foliaire est donc très voisine de celle qui donne l'évolution de la masse totale de la plante. Chez l'ananas, l'étude de la croissance peut donc se ramener à considérer la variation de la masse foliaire. Celle-ci est fonction de deux facteurs :

- le nombre de feuilles émises par la plante,
- l'évolution de chacune de ces feuilles. Celle-ci est bien connue sur les plans anatomique et morphologique depuis les remarquables travaux de B.H. KRAUSS (2) puis de C. PY (8) qui ont permis, en introduisant la notion de "feuille D" et en démontrant tout son intérêt, de simplifier considérablement les observations nécessaires à l'étude de l'évolution de la masse foliaire.

Rappelons que "les feuilles D sont les feuilles dont les bords inférieurs du limbe sont strictement parallèles et, par conséquent, perpendiculaires à la base sectionnée de la feuille une fois celle-ci arrachée, ou légèrement divergents". Ce stade correspond à la fin de la croissance des caractères morphologiques de la feuille.

Citons C. PY (8) : "L'observation à intervalles réguliers des feuilles D et le comptage du nombre de feuilles émises par la plante, permettent de suivre le développement foliaire de

● L'ordre des tableaux et figures : à la suite de ceux de l'article précédent, *Fruits*, mai 1971, n° 5, références bibliographiques des parties III et IV en fin de cet article.

TABLEAU 12 - Rythme d'émission des feuilles

	0 à 2 mois	2 à 4 mois	4 à 6 mois	6 à 8 mois	8 à 9 mois	9 à 10 mois	Total à l'hormonage
Lamentin							
Témoin	4,86	8,08	9,08	11,82	6,08		39,9
+ K	5,06	8,04	9,28	12,48	6,12		41,0
- K	4,98	7,78	9,06	12,16	6,08		40,1
- Ca	4,90	8,04	9,22	12,70	6,48		41,3
- Mg	5,10	8,04	9,06	12,34	6,22		40,7
33	5,00	8,18	9,14	12,18	6,04		40,5
Moyenne générale	4,98	8,03	9,13	12,28	6,17		40,59
C. V. (p. cent)	6,7	3,7	3,2	4,7	4,9		2,7
F 5 % = 2,71	0,37	0,99	0,66	1,39	1,45		1,22
F 1 + = 4,10							
PPDS	N. S.		N. S.				
Morne Rouge							
Témoin	3,24	6,38	7,10	6,56	3,14	3,52	29,9
+ K	3,52	7,08	7,96	7,86	3,96	4,06	34,4
- K	3,46	6,76	7,52	7,36	3,64	4,00	32,7
- Ca	3,54	6,82	7,80	7,66	3,82	3,98	33,6
- Mg	3,38	6,52	7,64	7,48	3,64	4,12	32,8
33	3,40	6,78	7,72	7,66	3,80	4,10	33,3
Moyenne générale	3,42	6,72	7,62	7,43	3,67	3,96	32,79
C. V. (p. cent)	4,8	3,6	2,3	2,6	3,8	4,5	2,1
F 5 % = 2,71	2,28	5,02**	13,98**	27,53**	20,86**	8,03**	23,78**
F 1 % = 4,10							
PPDS 5 %	N. S.	0,32	0,23	0,26	0,18	0,23	0,93
PPDS 1 %		0,44	0,32	0,35	0,25	0,32	1,26

partie à l'apport de ces mêmes engrais par voie foliaire à 1 mois 1/2. Il convient donc de s'interroger sur la rentabilité d'apports d'azote avant plantation sous de tels climats. La pluviosité élevée agit sur la vitesse de reprise du rejet, la vitesse de nitrification, le lessivage de l'azote. La conjonction de ces facteurs ne peut pas permettre une bonne utilisation de cette fumure.

L'azote avant plantation peut être utilisé au moment de la destruction de la sole précédente pour agir éventuellement sur la flore du sol, mais il semble peu intéressant d'utiliser des doses relativement importantes quelques jours seulement avant la plantation. Les rejets plantés contiennent en général plus de 1 p. cent d'azote dans leur matière sèche. Or, on sait avec P. MARTIN-PREVEL (6) que l'ananas dans des conditions végétatives normales déclenche une réaction de croissance lorsque le

taux d'azote de la feuille D est supérieur à 1 p. cent. En fait, au moment de la plantation, le principal problème est celui de l'insertion de la plante dans son milieu, c'est-à-dire l'établissement rapide d'un système racinaire. Même si l'azote exerce une influence importante sur l'émission des racines, on voit mal comment l'azote contenu dans le sol pourrait aider la plante avant que n'existe le "trait d'union" des racines. La solution de ce problème réside donc selon toute probabilité dans l'application de l'azote par voie foliaire peu après la plantation des rejets. La comparaison de ces deux modes d'apport serait certainement intéressante et devrait permettre au planteur d'économiser 10 à 20 p. cent de la fumure azotée.

Le rythme d'émission augmente moins rapidement de 4 à 6 mois qu'il ne l'a fait au cours des deux mois précédents, puis il reste rela-

TABLEAU 13 - Poids frais des feuilles D en grammes

	4 mois	6 mois	8 mois	9 mois	10 mois
Lamentin					
Témoin	24,6	51,1	83,5	90,3	
+ K	26,7	55,0	95,7	100,1	
- K	25,4	52,8	87,2	94,1	
- Ca	27,8	55,5	91,3	93,7	
- Mg	26,3	54,4	91,9	96,6	
33	27,0	51,6	88,3	93,7	
Moyenne générale	26,3	53,4	89,4	94,7	
C. V. (p. cent)	10,0	6,9	6,8	5,9	
F 5 % = 2,71					
F 1 % = 4,10	<1	1,22	2,42	1,74	
PPDS 5 %					
PPDS 1 %	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	
Morne Rouge					
Témoin	13,4	23,4	33,8	41,7	45,9
+ K	17,1	40,3	63,4	76,6	84,2
- K	15,4	32,3	51,6	61,4	71,4
- Ca	15,7	37,2	61,7	70,2	81,5
- Mg	17,1	40,4	64,5	76,9	82,9
33	15,6	34,9	61,7	70,5	80,2
Moyenne générale	15,7	34,7	56,1	66,2	74,4
C. V. (p. cent)	7,0	11,0	4,9	4,2	5,7
F 5 % = 2,71					
F 1 % = 4,10	7,72**	14,08**	90,99**	114,45**	59,12**
PPDS 5 %	1,45	5,01	3,67	3,66	5,62
PPDS 1 %	1,98	6,83	5,00	5,00	7,67

tivement constant jusqu'à 10 mois, et tend même à diminuer chez le témoin. Cette diminution, qui différencie le témoin des autres traitements entre 6 et 10 mois, est due au manque de potasse. Les réserves du sol en potasse sont insuffisantes pour que son alimentation puisse suivre la croissance de la plante et celle-ci doit se ralentir. Ce ralentissement affecte peu la vitesse de croissance de l'augmentation du poids des feuilles D successives, mais il limite les possibilités d'émission foliaire. Jusqu'à un moment critique, la plante a vécu en quelque sorte "au-dessus de ses moyens". Ensuite elle est obligée de puiser dans ses réserves.

Pour les autres traitements le rythme d'émission est pratiquement identique de 8 à 10 mois et de 4 à 6 mois. Ce phénomène commun à tous les traitements est donc indépendant des variantes de l'essai et sa cause est essentiellement d'ordre climatique. Les conditions climatiques locales font que le rythme d'émission

ne peut donc être supérieur à 4 feuilles par mois ; le facteur déterminant cette limitation est certainement la lumière. En mai, juin, l'insolation a été inférieure de 40 à 50 heures aux moyennes habituelles pour cette zone.

Contrairement au poids de la feuille D, le rythme d'émission diffère significativement entre les traitements (+ K) et (- Mg). Les traitements ne s'échelonnent pas seulement en fonction de la dose de potasse. L'action du magnésium, qui paraît secondaire si on considère le poids de la feuille D, est au contraire importante sur le rythme d'émission.

L'estimation de la masse foliaire parvenue au stade D à 10 mois est du même ordre de grandeur (à peine plus faible) qu'à 8 mois dans l'essai précédent. Elle est un peu supérieure dans le cas du traitement (+ K). La masse foliaire totale à la récolte est cependant plus faible, 1.280 g en moyenne, car dans l'autre es-

sai l'hormonage a eu lieu 1 mois après notre estimation, la plante a émis encore 6 feuilles environ et a continué à croître en poids jusqu'à la récolte. Ce n'est pas le cas ici du fait des réserves insuffisantes.

● Comparaison des deux essais.

Elle montre que, la nutrition azotée mise à part, la croissance de l'ananas dépend essentiellement comme on pouvait s'y attendre :

- des conditions climatiques,
- de la nutrition potassique.

Ces deux facteurs ont joué dans le même sens dans le cadre de ces deux essais ; l'un était situé dans une zone à climatologie favorable, sur un sol bien pourvu en potasse, alors que l'autre ne bénéficiait d'aucun de ces avantages. Les conditions climatiques déterminent un niveau maximum de croissance, possible avec une nutrition optimale. Le manque de potasse agit sur la croissance, par l'intermédiaire du poids des feuilles, mais il peut agir aussi en empêchant la plante d'augmenter le nombre de ses feuilles. On peut certes consi-

dérer séparément la croissance de chaque feuille et ainsi lui octroyer une certaine autonomie. Mais celle-ci n'est que relative. Une régulation se fait au niveau de la feuille et elle est suffisamment forte pour qu'on ait pu trouver une corrélation entre poids de la feuille D et poids du fruit. Mais une autre régulation existe au niveau de la plante par l'intermédiaire du nombre de feuilles émises. Ces deux régulations sont du même ordre et s'exercent simultanément.

Les deux zones écologiques étudiées ici ne sont pas les plus favorables à la croissance de l'ananas. Un essai identique mené sur la côte nord-est de l'île a atteint des niveaux de croissance nettement supérieurs : à 9 mois le poids de feuille D obtenu est de 120 g en moyenne, en 9 mois les plantes ont émis 47 feuilles, la masse végétale synthétisée est par conséquent beaucoup plus élevée, 9 feuilles sont émises au cours des deux premiers mois, le poids moyen des fruits sans couronne est de 2.250 g. Nous ne ferons appel à cet essai que lorsqu'il apportera des éléments nouveaux pour la nutrition en cations.

IV-LES DONNÉES DE L'ANALYSE FOLIAIRE

L'échantillonnage des feuilles D a été fait en même temps que leurs observations biométriques. Toutes les feuilles (une vingtaine par prélèvement et par parcelle) sont découpées en morceaux et mélangées. Sur l'ensemble on prélève une aliquote de 200 g, sur laquelle on détermine les teneurs en matière sèche et en éléments minéraux. Les résultats rapportés ici concernent donc tous la feuille D entière.

AZOTE

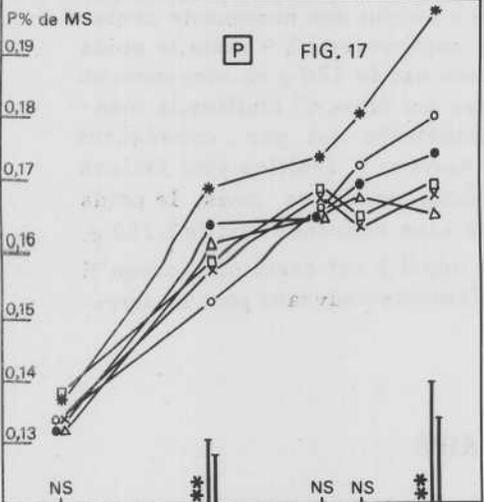
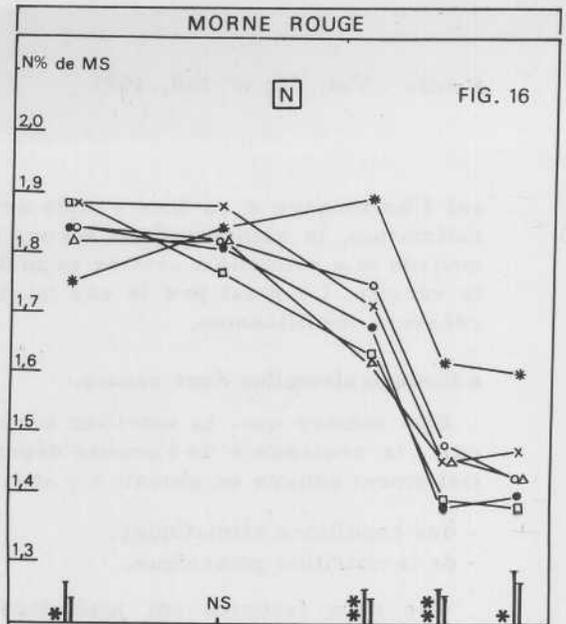
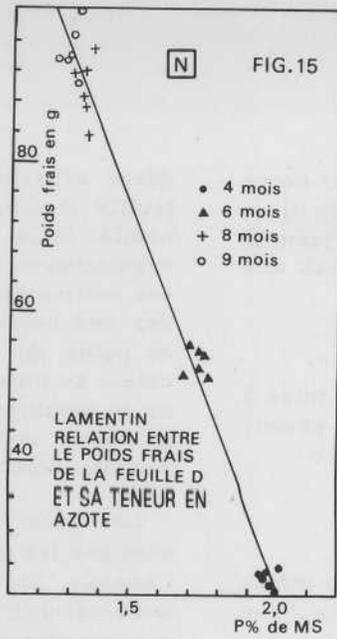
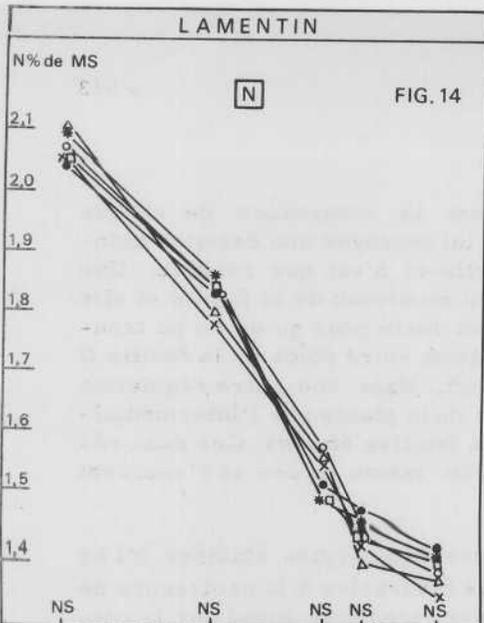
● Lamentin

La diversification de la nutrition en cations n'a pratiquement pas influencé la croissance. Il en est de même pour l'azote où aucune différence significative n'existe entre les traitements. Les teneurs diminuent assez régulièrement avec l'âge de la plante depuis 2,07 p. cent à 4 mois jusqu'à 1,40 p. cent à 9 mois au moment de l'hormonage (figure 14). Elles sont suffisantes pour obtenir un fruit de poids moyen élevé.

On observe une relation assez remarquable entre le poids frais de la feuille D et sa teneur en azote (figure 15). Ces deux grandeurs varient en sens inverse. La masse d'azote contenue dans une feuille D croît donc moins vite que son poids frais. Mais le nombre de feuilles passant par le stade D par unité de temps augmente avec l'âge de la plante. Les besoins de cette dernière augmentent donc considérablement et appliquer des doses constantes d'azote au long de la végétation paraît illogique. Comme le nombre de feuilles émises augmente, la surface foliaire augmente aussi ; on peut donc envisager une fumure à doses croissantes, soit en augmentant le volume de solution pulvérisée, soit en augmentant la fréquence des pulvérisations. C'est dans ce dernier sens que la pratique de la fumure de l'ananas évolue actuellement, les résultats sont très concluants.

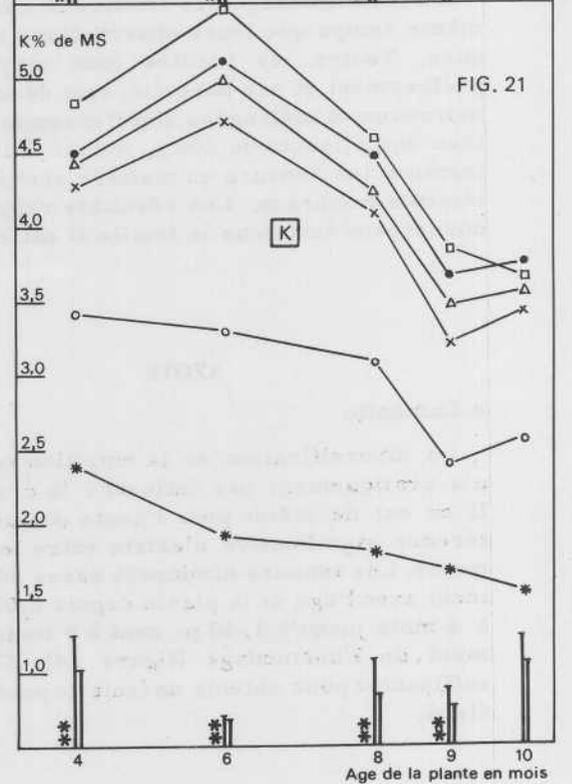
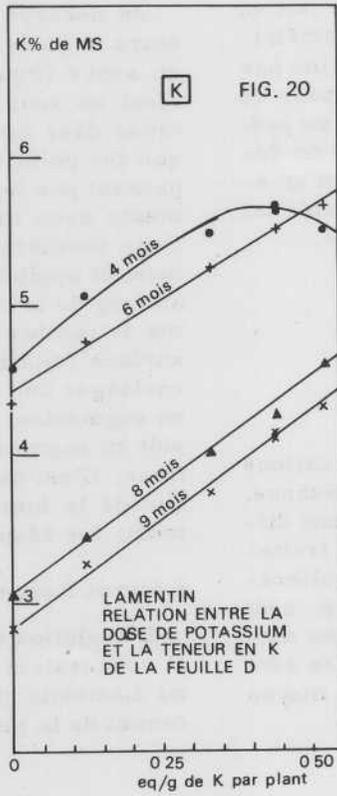
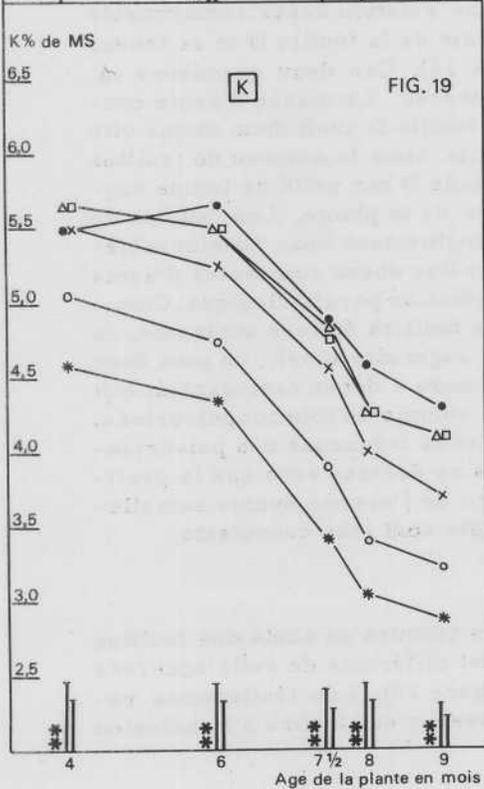
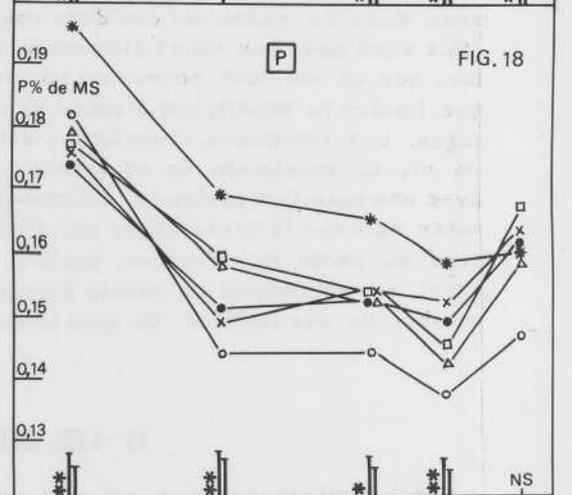
● Morne Rouge.

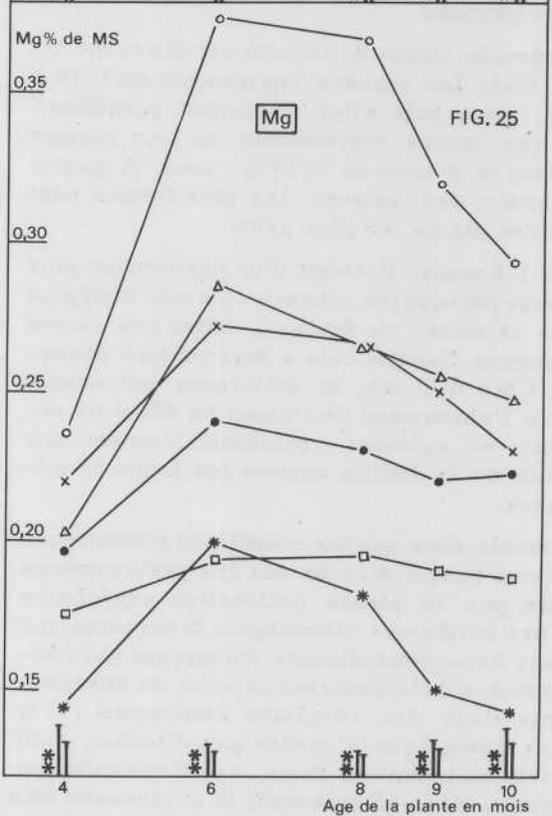
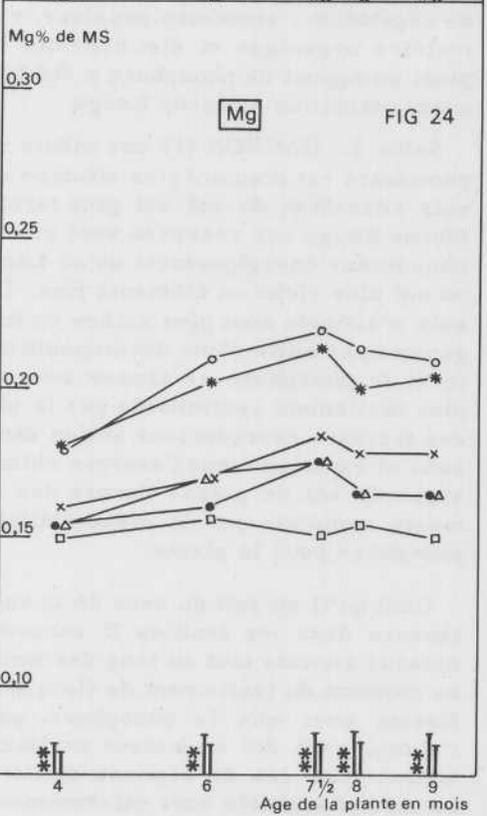
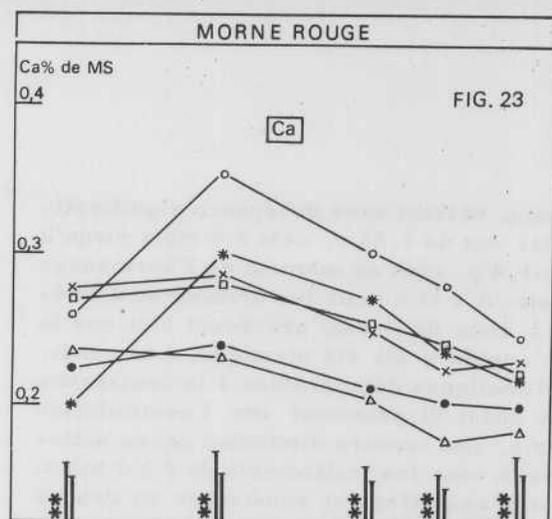
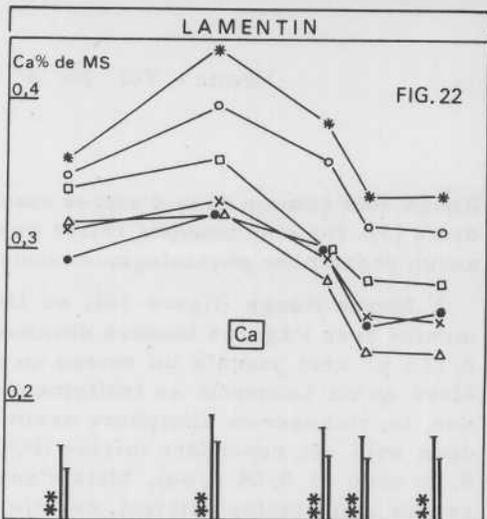
L'évolution des teneurs en azote des feuilles D successives est différente de celle observée au Lamentin (figure 16). Les traitements recevant de la potasse, c'est-à-dire à l'exclusion



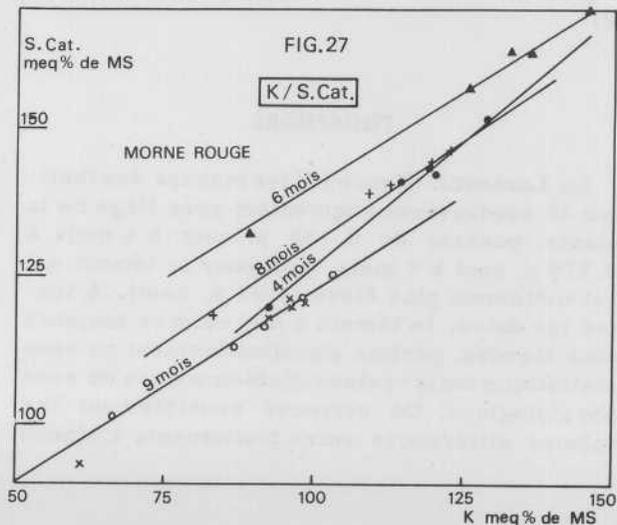
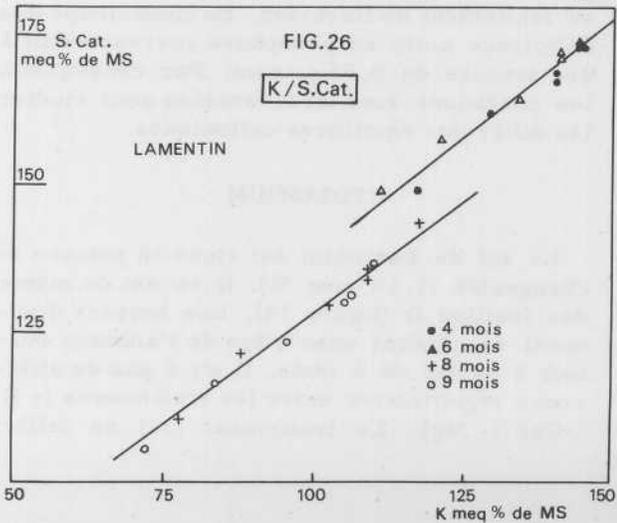
TENEURS EN AZOTE, PHOSPHORE, POTASSIUM, CALCIUM, ET MAGNESIUM DES FEUILLES "D" SUCCESSIVES. ESSAIS EFFECTUES AU LAMENTIN ET A MORNE ROUGE.

- * Témoin
● + K
○ - K
△ - Ca
□ - Mg
x 33
- Différence significative
* = 5%
** = 1%





RELATION ENTRE LE POTASSIUM ET LA SOMME DES CATIONS DANS LA FEUILLE D



du témoin, varient sans différence significatives entre eux de 1,85 p. cent à 4 mois jusqu'à environ 1,4 p. cent au moment de l'hormonage à 10 mois. A 4 et 6 mois les niveaux sont inférieurs à ceux de l'essai précédent bien que la fumure azotée y ait été identique. Les conditions climatiques défavorables à la croissance influent aussi directement sur l'assimilation de l'azote. Les teneurs diminuent assez nettement pour tous les traitements de 8 à 9 mois, et restent sensiblement constantes en dehors de cette période.

Le comportement du témoin est différent. De 4 à 8 mois les teneurs augmentent de 1,75 à 1,90 p. cent, puis elles diminuent parallèlement aux autres traitements en leur restant supérieures d'environ 0,15 p. cent. A partir de 8 mois, les valeurs les plus faibles sont celles des plants les plus gros.

De 4 à 8 mois, il s'agit d'un phénomène plus complexe puisque les teneurs en azote sont plus faibles (4 mois) ou égales à celles des autres traitements. Comme cela a déjà pu être observé en Côte d'Ivoire, la déficience potassique entrave l'absorption de l'azote en début de végétation, en agissant vraisemblablement sur l'acidité de la feuille comme les facteurs climatiques.

Il semble donc que les conditions climatiques aient une action directe sur les prélèvements d'azote par la plante (utilisation supérieure dans des conditions climatiques favorables) qui s'ajoute à l'action indirecte s'exerçant par l'intermédiaire de la croissance (effet de dilution). Comme dans des résultats antérieurs (3) la fumure potassique n'exerce pas d'action, sauf pendant les premiers mois, sur l'assimilation de l'azote. Mais en stimulant la croissance elle augmente les prélèvements d'azote de la plante.

PHOSPHORE

Au Lamentin (figure 17) les teneurs des feuilles D successives augmentent avec l'âge de la plante, passant de 0,135 p. cent à 4 mois à 0,175 p. cent à 9 mois, sauf pour le témoin qui est nettement plus élevé (0,20 p. cent). A toutes les dates, le témoin a des valeurs toujours plus élevées, parfois significativement au sens statistique mais vraisemblablement pas au sens physiologique. On retrouve sensiblement les mêmes différences entre traitements à Morne

Rouge, tout comme dans d'autres essais précédents (3). Nous ne pouvons relier ce résultat à aucun phénomène physiologique connu.

A Morne Rouge (figure 18), au lieu d'augmenter avec l'âge les teneurs diminuent depuis 0,175 p. cent jusqu'à un niveau un peu moins élevé qu'au Lamentin au traitement de floraison. La richesse en phosphore assimilable des deux sols est cependant voisine (P_2O_5 Truog: 0,06 o/oo et 0,08 o/oo). Mais d'autres différences importantes existent, hormis la vitesse de végétation: structure physique, richesse en matière organique et état hydrique du sol. De plus, un apport de phosphore a été fait un mois avant plantation à Morne Rouge.

Selon L. GACHON (1) une même réserve en phosphore est d'autant plus efficace que le pouvoir adsorbant du sol est plus faible. Ainsi à Morne Rouge ces réserves sont retenues beaucoup moins énergiquement qu'au Lamentin, sur un sol plus riche en éléments fins. De plus les sols d'altitude sont plus riches en matière organique par suite d'une décomposition plus lente et le phosphore se trouve sous une forme plus facilement assimilable par la plante. Tous ces facteurs exercent leur action dans le même sens et expliquent que l'analyse chimique classique du sol ne puisse donner des renseignements complets sur la disponibilité réelle du phosphore pour la plante.

Quoi qu'il en soit du sens de la variation des teneurs dans les feuilles D successives, les niveaux atteints tout au long des deux essais et au moment du traitement de floraison sont suffisants pour que le phosphore, pas plus que l'azote, n'ait été un facteur limitant de la nutrition. Les cas de réponse de l'ananas à une fumure phosphatée sont extrêmement rares. En général le niveau de 0,11 p. cent est suffisant au traitement de floraison. En Guadeloupe une déficience nette en phosphore correspondait à des teneurs de 0,05 p. cent. Par conséquent, les conditions sont ici favorables pour étudier les différents équilibres cationiques.

POTASSIUM

Le sol du Lamentin est riche en potasse échangeable (1,15 meq %). Il en est de même des feuilles D (figure 19). Les teneurs diminuent en général avec l'âge de l'ananas, surtout à partir de 6 mois. Il n'y a pas de différence significative entre les traitements (+ K) (-Ca) (-Mg). Le traitement (33) ne diffère

d'eux qu'à 8 et 9 mois. Par contre (- K) et le témoin se différencient nettement, même entre eux, dès 4 mois. Plus on apporte de potasse, plus les traitements se différencient tard dans la vie de la plante. A 9 mois au moment de l'hormonage les teneurs sont comprises entre 2,8 p. cent (témoin) et 4,3 p. cent (+ K) (tableau 14 ci-dessous).

TABLEAU 14 - Lamentin : Teneurs en K au traitement de floraison (9 mois) (en p. cent)

(+ K) ≥ (- Mg) ≠ (- Ca) > (33) > (- K) > (T)
4,30 4,13 4,11 3,73 3,26 2,81
PPDS 5 % = 0,21 p. cent
PPDS 1 % = 0,29 p. cent.

On devrait alors considérer que toutes ces valeurs se situent au-dessus du niveau critique puisqu'aucune différence significative n'est observée sur la croissance ou le poids moyen du fruit. En fait, elles mettent plutôt en doute l'existence d'un niveau critique au sens classique du terme pour le potassium dans la feuille D de l'ananas.

Les teneurs sont en général fonction de la dose de potassium apportée suivant une relation linéaire (figure 20) sauf à 4 mois. A cette date, la réponse n'est pas linéaire comme à 6 mois, les teneurs maxima aux deux dates sont les mêmes mais elles ne correspondent pas aux mêmes traitements. L'intervalle de temps séparant le dernier apport d'engrais du prélèvement de la feuille D est le même dans les deux cas : deux mois. La dose de potasse apportée dans un traitement donné est la même quel que soit l'âge de la plante. Par contre de 4 à 6 mois la croissance de la plante s'est poursuivie ; elle a émis environ 9 feuilles et le poids de la feuille D est passé de 26,3 g à 53,4 g, soit le double. On a donc apporté la même quantité de potasse sur des masses végétales très différentes. Au stade correspondant au prélèvement de 6 mois la plante était physiologiquement capable d'absorber et d'utiliser toute la potasse qu'on lui fournissait. A 4 mois, au contraire, l'engrais potassique était en quantité trop grande par rapport à la masse de matière végétale existante. Il y a eu un équilibre physiologique qui a déterminé le déclenchement d'un processus de redistribution biochimique du potassium excédentaire. Nous en percevons le résultat sur une feuille parvenue au stade D 2 mois après l'application d'engrais.

L'absorption n'a pas été immédiate car elle a dû être précédée de la dissolution de l'engrais solide à la base des feuilles. Définir le niveau de K dans une feuille d'ananas à partir duquel s'effectue la redistribution n'est donc pas possible ici. On peut cependant remarquer, dans l'ensemble des essais que nous avons suivis par analyse foliaire, que les teneurs maxima sont de 5,8 p. cent environ, soit 150 meq %, lorsque l'intervalle apport de potasse - prélèvement de la feuille D est supérieur à 1 mois. Mais il arrive de rencontrer des valeurs supérieures lorsque cet intervalle de temps diminue au voisinage de 15 jours. De même, en culture sur solution, avec renouvellement des solutions toutes les deux semaines, on a pu observer des teneurs supérieures à 7 p. cent alors que l'absorption du potassium s'y fait uniquement au niveau des racines. Il est probable que l'absorption suive des processus différents au niveau des racines ou des feuilles. Mais la potasse apportée à l'aisselle des feuilles se dissout de façon progressive et l'absorption est plus lente qu'en culture sur solution où elle est surtout importante après chaque renouvellement. Il est donc impossible de mieux définir la dynamique du potassium à ce stade de l'expérimentation.

Le sol de Morne Rouge (figure 21) est beaucoup plus pauvre (0,20 meq %). Le potassium y exerce une action nette sur la récolte et sur la teneur des feuilles D. Les traitements se classent toujours dans le même ordre (tableau 15 ci-dessous).

TABLEAU 15 - Morne Rouge : Teneurs en K au traitement de floraison (10 mois) (en p. cent)

(- Mg) ≥ (+ K) = (- Ca) ≥ (33) > (- K) > (T)
3,67 3,56 3,56 3,41 2,56 1,41
PPDS 5 % = 0,56 p. cent
PPDS 1 % = 0,76 p. cent

Si l'action de la fumure potassique est manifeste, c'est malgré tout le traitement recevant peu de magnésium qui vient en tête. Le magnésium limite donc l'absorption du potassium suivant l'antagonisme classique. On peut constater d'ores et déjà que l'action du calcium dans les conditions de l'essai est plus faible que celle du magnésium.

Les variations des teneurs en fonction de

l'âge de la plante sont différentes suivant les traitements, en particulier de 4 à 6 mois : le témoin et (- K) diminuent alors que les autres traitements augmentent. La diminution s'explique aisément par le fait que, même dans les conditions peu favorables de la croissance, le potassium se trouvant à la disposition de la plante est insuffisant dès cet âge. Quant à l'augmentation, elle s'explique selon nous par un phénomène analogue à celui qui a déjà été envisagé dans l'essai précédent, à la seule différence que l'intervalle apport de la fumure - prélèvement de la feuille D est ici de 1 mois au lieu de 2. Avec le programme habituel de fumure, la tendance normale des teneurs en potassium de la feuille D est de diminuer avec l'âge de la plante. Les seuls cas où on peut observer le phénomène inverse comme ici, sont ceux d'essais situés dans des zones climatiques défavorables où la croissance est lente particulièrement pendant les premiers mois. En fait, il semble que l'évolution normale des teneurs en K dans la feuille D soit une augmentation après la plantation puis une diminution jusqu'à la floraison. Le maximum serait atteint d'autant plus vite que la vitesse de croissance serait plus grande par rapport aux disponibilités en potassium.

Le programme de fumure peut donc être établi avant plantation, mais il est nécessaire de le faire en fonction de la croissance potentielle de la plante, c'est-à-dire de tenir compte des conditions climatiques qui régissent en premier lieu la vitesse de croissance de la plante. Cela revient à dire que la fumure doit être calculée en fonction des besoins quantitatifs de la plante. Ceux-ci sont variables en fonction de son âge, comme on a déjà pu le voir dans le cas de l'azote. Il en va sensiblement de même pour le potassium.

CALCIUM

Au Lamentin (figure 22) les teneurs en calcium augmentent de 4 à 6 mois d'autant plus fortement que les plants reçoivent moins de potassium pour lui opposer son antagonisme. A 6 mois elles sont comprises entre 0,43 p. cent (témoin) et 0,32 p. cent (- Ca). Elles diminuent ensuite de 6 à 8 mois puis restent constantes de 8 à 9 mois. L'absence de réponse à Ca prouve que ces teneurs (0,23 p. cent au minimum) sont suffisamment élevées (tableau 16 ci-dessous).

TABLEAU 16 - Lamentin : Teneurs en Ca au traitement de floraison (9 mois) (en p. cent)

(T) ≥ (- K) > (- Mg) ≥ (+ K) ≠ (33) ≥ (- Ca)
0,337 0,314 0,275 0,260 0,255 0,232
PPDS 5 % = 0,042 p. cent
PPDS 1 % = 0,057 p. cent

L'équilibre de la fumure affecte fortement les teneurs en calcium de la feuille D. Elles dépendent dans une certaine mesure des doses de calcium mais surtout de la force des antagonismes des autres cations. Les valeurs les plus faibles sont celles du traitement (-Ca) qui diffère peu de (+ K) et (33) ; l'effet de la dose de calcium reçue est donc relativement faible. (- Mg) et (- K) reçoivent les quantités les plus élevées de calcium mais la forme des antagonismes est différente : celui du potassium est plus fort que celui du magnésium. Enfin les valeurs les plus élevées sont celles du témoin. Sur ce sol riche en bases tout apport de potassium limite l'absorption du calcium.

Il n'en est pas de même à Morne Rouge (figure 23) où l'effet de la dose de calcium est plus apparent (tableau 17 ci-dessous).

TABLEAU 17 - Morne Rouge : Teneurs en Ca au traitement de floraison (10 mois) (en p. cent)

(- K) ≥ (33) ≠ (-Mg) ≠ (T) ≥ (+ K) ≥ (-Ca)
0,246 0,229 0,224 0,219 0,201 0,184
PPDS 5 % = 0,031 p. cent
PPDS 1 % = 0,042 p. cent

Bien qu'ayant des variations comparables dans le temps, (- K) reste toujours supérieur au témoin, la plupart du temps de façon significative. (- Mg) et (33) sont pratiquement identiques (ils ont le même rapport K/Ca = 1 dans la fumure) et diffèrent significativement de (+K) et (-Ca) situés à des niveaux plus faibles. Les faibles niveaux de K et Ca dans le sol expliquent la plus grande intensité de la réponse aux doses de calcium et aussi de potassium.

Ces remarques sont valables à partir de 6 mois. Il n'en est pas de même à 4 mois, à cause de la plus grande variation de 4 à 6 mois chez le témoin et (- K). Les feuilles D prélevées à 4 mois ont été différenciées alors que le rejet se trouvait encore sur la plante mère. Il est possible que du fait de la lenteur de la reprise des rejets, particulièrement pour ces traitements les plus défavorisés, la capacité d'échange des racines ait varié plus ici que

dans l'autre essai. Pour les autres traitements, la variation en fonction de l'âge est analogue dans les deux essais, avec des niveaux plus faibles à Morne Rouge en concordance avec le contenu calcique du sol.

L'ensemble de ces résultats ne permet pas de mettre en évidence une déficience en calcium. Il semble donc que les valeurs observées, toutes supérieures à 0,18 p. cent, soient toutes dans la zone optimum.

MAGNÉSIUM

Au Lamentin (figure 24), les niveaux sont en général assez faibles et varient assez peu avec l'âge de la plante. On peut distinguer deux groupes de traitements : le témoin et (- K) qui sont les plus élevés, et les autres (tableau 18).

TABLEAU 18 - Lamentin : Teneurs en Mg au traitement de floraison (9 mois) (en p. cent)

(- K) ≥ (T) > (33) ≥ (+ K) = (- Ca) ≥ (- Mg)	0,210	0,205	0,178	0,166	0,164	0,150
PPDS 5 % = 0,022 p. cent						
PPDS 1 % = 0,029 p. cent						

Contrairement aux teneurs en calcium le traitement (- K) est ici légèrement supérieur au témoin : l'apport d'une fumure riche en magnésium à l'aisselle des feuilles a permis de compenser les effets de la richesse en potassium du sol. Tous les autres traitements ont un effet dépressif sur l'absorption du magnésium pourtant abondant dans le sol (1,5 meq %) et les niveaux obtenus sont inférieurs au seuil critique antérieurement établi de 0,18 - 0,20 p. cent. Par conséquent, sur un sol riche en bases échangeables (K/Mg = 0,76), les apports de magnésium paraissent nécessaires pour équilibrer ceux de potassium, bien qu'on n'ait pu déceler d'effet dépressif sur la récolte. Le potassium entrave plus l'absorption du magnésium que celle du calcium.

A Morne Rouge (figure 25) le sol est pauvre en magnésium (0,11 meq % avec K/Mg = 1,8). C'est pourquoi les teneurs les plus faibles se rencontrent chez le témoin. Elles varient avec l'âge de la plante, augmentant jusqu'à 6 mois puis diminuent ensuite. La moyenne des traitements se situe au dessus de 0,18 p. cent (tableau 19).

TABLEAU 19 - Morne Rouge : Teneurs en Mg au traitement de floraison (10 mois) (en p. cent)

(- K) ≥ (- Ca) > (33) ≥ (+ K) = (- Mg) ≥ (T)	0,293	0,249	0,239	0,224	0,189	0,142
PPDS 5 % = 0,025 p. cent						
PPDS 1 % = 0,034 p. cent						

Sur un sol dix fois moins riche qu'au Lamentin, le manque de potasse du sol limite la croissance et n'entrave pas l'absorption du magnésium, permettant ainsi d'obtenir des teneurs comparables en cet élément.

Les faibles apports du traitement (- Mg) suffisent à élever la teneur en Mg des feuilles par rapport au témoin, mais ce traitement riche en potassium limite les variations en fonction de l'âge de la plante. Celles-ci sont d'autant plus importantes que les niveaux sont plus élevés. Ils sont plus fonction du rapport Mg/K que de la dose proprement dite de magnésium. Les 2 traitements pour lesquels ce rapport est égal à 1 : (33) et (- Ca), donnent des résultats sensiblement identiques. Il en est donc comme pour le calcium. En dépit de l'augmentation de croissance due aux apports de potassium, le magnésium apporté même en faible quantité suffit à maintenir les teneurs de la feuille à des niveaux suffisants et aussi à les améliorer.

Ainsi sur un sol riche en potassium des apports de Mg aux feuilles peuvent être nécessaires pour un bon équilibre K-Mg dans la feuille, même si le magnésium est abondant dans le sol. Par contre sur sol pauvre il n'est pas obligatoirement nécessaire d'apporter du magnésium avec le potassium. Cependant, comme on le verra ci-dessous, le rapport K/Mg doit être considéré en liaison avec le calcium.

SOMME ET PROPORTIONS DES CATIONS

La somme des cations est toujours influencée par le potassium. Elle augmente quand le niveau de la nutrition potassique s'élève (figure 26 et 27). Le calcium et le magnésium ne peuvent pas compenser complètement un déficit potassique : la somme des cations diminue. Les accepteurs du potassium sont donc en grande partie spécifiques, au moins en ce qui concerne l'absorption foliaire.

La déficience calcique ou magnésienne exerce des effets très voisins sur la somme des cations. Cependant à Morne Rouge le déficit

en magnésium est comblé en priorité par le potassium et non pas par le calcium. La majeure partie des accepteurs du magnésium peut être utilisée par le potassium préférentiellement au calcium. Les transporteurs du calcium sont un peu plus sélectifs vis-à-vis du potassium.

A l'inverse, le potassium exerce des effets marquants sur le calcium et surtout sur le magnésium, mais ces éléments sont diminués moins que le potassium n'est augmenté. Ainsi à l'augmentation du potassium, correspond un accroissement des cations totaux de la feuille D et aussi de la part représentée par le potassium (figure 28). Le métabolisme de la plante se trouve donc modifié par le potassium : quantitativement (action sur la croissance) et qualitativement (rapports entre cations).

Les besoins calciques de l'ananas sont faibles et les niveaux de Ca sont un peu moins affectés que ceux du magnésium par la nutrition potassique : K exerce des effets antagonistes plus forts sur Mg que sur Ca.

Quand l'âge de la plante augmente, la somme des cations diminue, comme le potassium. Cal-

cium et magnésium varient relativement peu : leur importance au sein de la somme totale augmente donc avec l'âge. C'est pourquoi on obtient un faisceau de droites quasiment parallèles sur les figures 26 et 27.

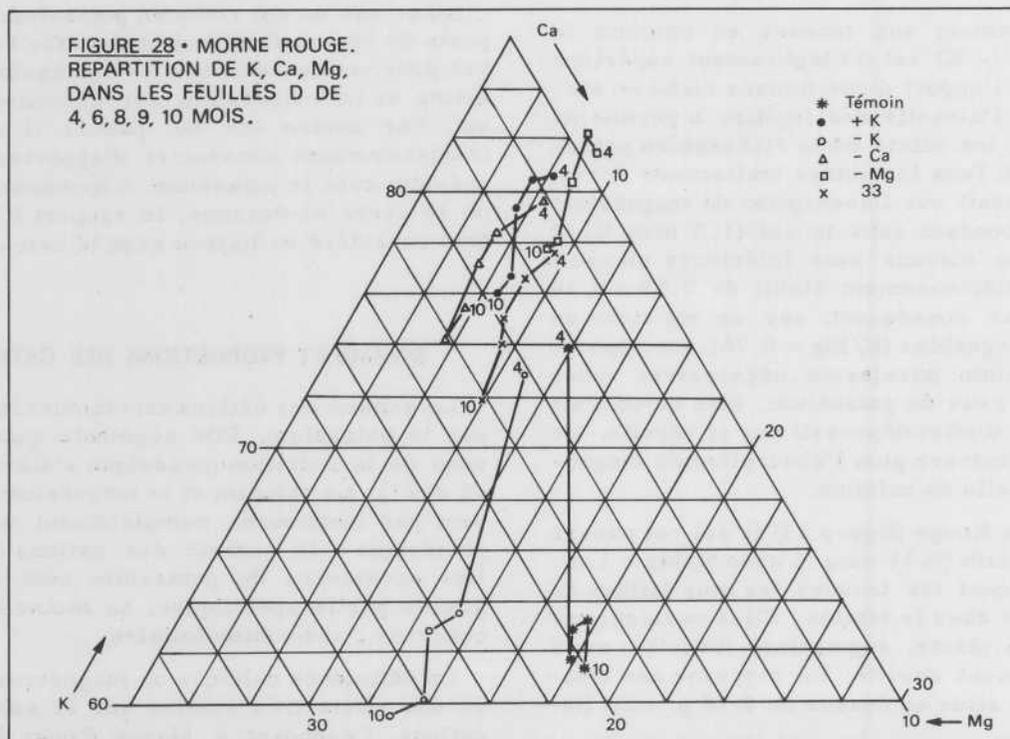
OLIGO-ÉLÉMENTS

Pour situer les niveaux des oligo-éléments dans ces essais on a fait les dosages de fer, cuivre, manganèse, zinc au moment du traitement de floraison. Le tableau 20 donne les résultats obtenus pour les parcelles témoins.

TABLEAU 20 - Teneurs de la feuille D des parcelles témoins au traitement de floraison (en p.p.m. de matière sèche)

	Fe	Mn	Cu	Zn
Lamentin	190	476	9	22
Morne Rouge	183	264	9	24

Les valeurs observées dans la feuille D sont tout à fait normales. On peut cependant noter le niveau beaucoup plus élevé en manganèse au Lamentin où on a pu observer des symptômes



de déficience en fer. C'est pourquoi deux apports de fer (0,1 g/plant ou 5 kg/ha à chaque application) et de zinc (à dose dix fois plus faible) y ont été effectués, préalablement à l'échantillonnage. L'ensemble de tous nos résultats d'analyse d'oligo-éléments montre que si le niveau de fer total dans la feuille D varie assez peu, des symptômes de déficience en fer peuvent apparaître lorsque les niveaux du manganèse sont élevés : c'est la valeur du rapport

$\frac{Mn}{Fe}$ dans la feuille qui détermine les besoins en fer de l'ananas (5).

*
* *

Tous les calculs statistiques sont dus au Service de Biométrie de l'IFAC, sous la direction de P. LOSSOIS

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - GACHON (L.). Le phosphore.
Bulletin technique d'Information du Ministère de l'Agriculture, août 1968, n° 231, p.579-586.
- 2 - KRAUSS (B.H.). Anatomy of the vegetative organs of the pineapple, *Ananas comosus* (L.) Merr.
II - The leaf.
The Botanical Gazette, vol. 110, n° 3, p.333-404.
- 3 - MARCHAL (J.) et coll. Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun (2).
Fruits, 1970, vol. 25, n° 2, p. 87-95.
- 4 - MARCHAL (J.) et coll. Le phosphore chez l'ananas.
Fruits, mars 1971, vol. 26, n° 3, p. 189-206.
- 5 - MARCHAL (J.). Les oligo-éléments et l'ananas.
Fruits, à paraître.
- 6 - MARTIN-PREVEL (P.). Aperçu sur les relations croissance-nutrition minérale chez l'ananas.
Fruits, 1959, vol. 14, p. 101-122.
- 7 - MARTIN-PREVEL (P.). Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée.
Fruits, 1961, vol. 16, p. 49-56, 113-123, 161-180, 341-351, 539-557 ; 1962, vol. 17, p. 211-227, 257-261.
- 8 - PY (C.). Etude sur la croissance de l'ananas en Guinée.
Fruits, 1959, vol. 14, p. 3-24.

