

# LE PHOSPHORE CHEZ L'ANANAS

par J. MARCHAL

*Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer*

## LE PHOSPHORE CHEZ L'ANANAS

par J. MARCHAL (IFAC)

*Fruits*, mars 1971, vol. 28, n° 3, p. 189-208.

RESUME - En Guadeloupe, des ananas cultivés sur sol totalement dépourvu de phosphore échangeable présentent les symptômes observés en culture sur solution. Le niveau de carence du phosphore dans la feuille D entière a été déterminé (0,05 p. cent).

Des apports de phosphore sur cette culture ont permis de juger du rôle de cet élément sur la croissance et la production de l'ananas ; il interviendrait sur l'utilisation de l'azote, des cations et du manganèse. Les besoins de l'ananas en phosphore sont limités ; les immobilisations ne sont pas en corrélation avec le poids du fruit ou avec celui de la plante.

Depuis plusieurs années on sait que l'ananas est peu exigeant en phosphore. Même sur sols très pauvres en  $P_2O_5$  échangeable il n'avait jamais été possible à l'IFAC de mettre en évidence d'une part des symptômes typiques de déficience, d'autre part un effet favorable d'apports phosphorés.

Or en 1967 (3) une carence en P était mise en évidence chez le bananier en Guadeloupe, sur un sol dépourvu de  $P_2O_5$  échangeable. Le cas est très rare pour cette plante également. Un essai de culture d'ananas sur ce même sol (14) fit apparaître les symptômes connus par les

cultures sur solution, et des apports de P ont empêché leur apparition. Ce résultat permettait enfin de déterminer les effets de P facteur limitant et toute son importance. Auparavant, en Côte d'Ivoire (17) un essai d'apport de P sous différentes formes sur sol très pauvre avait montré une fois de plus la non-réponse de l'ananas à ce traitement. Enfin, le phosphore étant déterminé lors de toutes les analyses foliaires sur ananas, certains essais dans lesquels le phosphore n'intervient pas comme traitement peuvent néanmoins fournir des indications intéressantes sur les relations entre P et les autres éléments minéraux.

## CONDUITE DES ESSAIS D'APPORT DE PHOSPHORE\*

En Côte d'Ivoire il s'agissait de déterminer sous quelle forme l'engrais phosphaté était le plus efficace, sur un terrain pauvre en  $P_2O_5$  assimilable (0,02 p. mille). En Guadeloupe on recherchait la quantité de phosphore nécessai-

re, sur un terrain dépourvu de  $P_2O_5$  assimilable, pour assurer une bonne croissance de l'ananas.

Les observations furent celles habituellement

(\*) - Essais réalisés et interprétés en Côte d'Ivoire par M.A. TISSEAU et en Guadeloupe par MM. PY et MOREAU.

effectuées sur les essais ananas de l'IFAC : comptages de feuilles - prélèvements et analyse de feuilles D - à la récolte, mesure de la hauteur des plants - du diamètre de la tige - du poids du fruit - de son acidité et de son extrait sec. Les essais furent conduits en blocs de

Fisher.

Les traitements appliqués sont résumés dans les tableaux 1 (Côte d'Ivoire) et 2 (Guadeloupe). En Guadeloupe, l'essai étant plus récent, on a appliqué la méthode d'apport en doses progressives mensuelles qui s'est avérée plus efficace.

Tableau 1 - Traitements de l'essai de Côte d'Ivoire (formes de P).

Variété Cayenne lisse de Côte d'Ivoire	Traitements	Formes d'apport	Quantités d'engrais g/plant	
			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N - K - Mg
1	Témoin	au sol à la plantation en pulvérisation à 1 1/2 et 3 mois à l'aisselle des feuilles, à 1 1/2 et 3 mois	0	6 g N Patent Kali 12 g de K <sub>2</sub> O SO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> 4 g Mg à 1 1/2 et 3 mois
2	Phospal		4 g	
3	Phosphate NH <sub>4</sub>			
4	Superphosphate triple			

Tableau 2 - Apports d'engrais (g/plant) essai de Guadeloupe.

Variété Cayenne lisse de St Domingue	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Phosphate NH <sub>4</sub> )			N -sulfate ammoniacque (avant plantation) -puis ammonitrate	K <sub>2</sub> O Sulfate de K	MgO Kieserite
	T1	T2	T3			
avant plantation	0	0,25	0,50	1,0	3,0	1,0
1 mois 1/2	0	0,075	0,15	0,3		
2 mois 1/2	0	0,15	0,30	0,6	0,9	
3 mois 1/2	0	0,15	0,30	0,6	0,9	
4 mois 1/2	0	0,25	0,50	1,0	1,5	
5 mois 1/2	0	0,25	0,50	1,0	1,5	
6 mois 1/2	0	0,38	0,75	1,5	2,25	
7 mois 1/2	0	0,38	0,75	1,5	2,5	
Totaux	0	1,88	3,75	7,5	9,75	1,0
		P=0,82	P=1,64		8,13 K	0,60 Mg

## SYMPTOMES DE DÉFICIENCE EN PHOSPHORE CHEZ L'ANANAS

Ils ont été observés et décrits en culture sur solutions carencées en P par plusieurs auteurs (1, 11, 18, 19, 20). Cette carence, réalisée également en Martinique (5), a de nombreux caractères communs à celle observée sur le terrain en Guadeloupe.

Les symptômes débutent par les plus vieilles feuilles puis gagnent progressivement les autres. P est donc très mobile dans la plante et

migre des tissus les moins actifs, vieilles feuilles, vers les plus jeunes où il va jouer un rôle important dans les transferts d'énergie, la respiration, la photosynthèse : le phosphore est un constituant de l'A. T. P. entre autres.

L'aspect général de la plante rappelle celui d'une plante souffrant brutalement d'une sécheresse prononcée après avoir souffert d'un excès d'eau. La partie centrale des feuilles pas-

se du lie de vin au brun rouge puis au jaune vert et au jaune pâle avant de se dessécher à partir de l'apex. Les bords du limbe d'abord vert foncé bleuâtre deviennent vert pâle puis rouge vif vers l'extrémité dont les bords se recourbent vers la face inférieure.

Les fruits récoltés sont très petits (500 g en solution - 700 g sur le terrain).

Au Mali (P. JEANTEUR, 1970), en début de saison sèche, avec un ensoleillement intense, sur un sol dépourvu de P assimilable, des plants déjà fleuris ont jauni, plus particulièrement les couronnes, qui parfois arrivent à se dessécher complètement sur pied. Des apports

de phosphate d'ammonium à l'aisselle des feuilles ont alors corrigé le jaunissement, tandis que le même engrais en pulvérisation l'accroissait, vraisemblablement par brûlures de contact.

En Côte d'Ivoire (20) des rejets très petits (4 à 22 g) cultivés sur solutions carencées totalement ou partiellement en P donnent des symptômes très spectaculaires. Seule la carence en N marque un peu plus sur la croissance. Ce résultat permet de bien insister sur le rôle primordial du phosphore, même si la consommation par la plante est relativement faible.

## EFFETS D'APPORTS DE P SUR LA CROISSANCE ET LA RÉCOLTE

Quelle que soit la forme de l'engrais phosphaté, les apports de P n'ont eu aucun effet significatif dans l'essai de Côte d'Ivoire (tableau 3). Dans les conditions de ce pays, sur sol ferrallitique à 0,02 p. mille de  $P_2O_5$  assimilable, des apports de P ne paraissent donc pas se justifier. Cependant la récolte indique des tendances : les apports de phosphate d'ammoniac ou de superphosphate aux feuilles l'amélioreraient, alors que le phospal au sol exercerait un léger effet dépressif.

Dans le cas de la Guadeloupe, la carence en P du sol se traduit par des effets très nets sur la croissance.

### ● Nombre de feuilles émises - Rythme d'émission (tableau 4 et fig. 1).

Jusqu'à 2 1/2 mois les feuilles comptées sont en fait celles déjà différenciées sur le rejet, l'effet de la fumure au sol et de la première pulvérisation ne paraît donc pas avoir accéléré les émissions foliaires. A partir de 3 1/2 mois le rythme d'émission s'accélère avec les apports de P, d'autant plus que la dose est élevée. Il semble donc bien que la différenciation des feuilles a été modifiée dès que les rejets en place ont reçu du P.

Le rythme d'émission mensuel du témoin va diminuer de 3 1/2 à 6 1/2 mois pour reprendre ensuite. Il semble qu'un facteur externe (climatique) est en cause, les deux autres traitements marquant également un ralentissement.

L'état végétatif des plants au moment de la

### EFFETS D'APPORTS DE P SUR LA CROISSANCE FOLIAIRE, SUR SOL CARENCE EN P. GUADELOUPE.

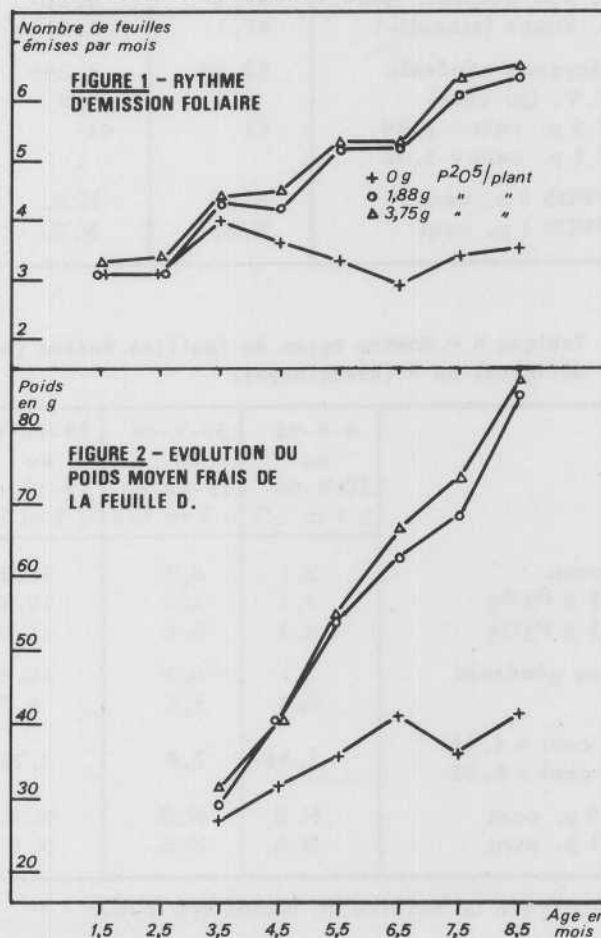


Tableau 3 - Observations de la croissance, de la floraison et de la récolte avec apports de P sous différentes formes sur sol désaturé (Côte d'Ivoire).

Traitements	Nombre de feuilles émises				Poids de la feuille D			
	0-1 mois	1-2 mois	2-3 mois	3-4 mois	3 mois	4 mois	5 mois	6 mois
1. Témoin	2,24	3,60	3,13	3,34	19,6	26,0	48,7	64,5
2. Phospal (sol)	1,87	3,57	2,99	3,56	18,9	26,5	48,7	65,2
3. Ph. ammon. (pulv.)	1,90	3,49	3,23	3,53	19,4	26,4	47,4	64,9
4. Super (aisselle)	2,17	3,50	3,18	3,58	19,3	26,6	51,3	66,6

Traitements	Floraison en p. cent des pieds plant. 2 m 1/2 après hormonage	Poids moyen en récolte totale (obs. + labo)	Poids moyen en des fruits (obs. au lab.)	Diamètre moyen du fruit (obs. au lab.)	Hauteur moyenne du fruit (obs. au labo)	Récolte totale des rejets
	1. Témoin	97,5	1.234	1.236	19,0	30,7
2. Phospal (sol)	93,1	1.222	1.196	19,0	31,0	139
3. Ph. ammon. (pulv.)	97,0	1.267	1.291	19,4	31,1	155
4. Super (aisselle)	97,1	1.262	1.315	19,6	31,0	153
Moyenne générale	96,15	1.246	1.259	19,26	30,94	149
C.V. (p. cent)	6,7	4,7	9,2	4,7	3,9	8,3
F 5 p. cent = 3,29	<1	<1	1,27	<1	<1	1,84
F 1 p. cent = 5,42						
PPDS 5 p. cent	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
PPDS 1 p. cent	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.

Tableau 4 - Nombre moyen de feuilles émises (nombres cumulés). Effets d'apports de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> sur sol déficient en P (Guadeloupe).

	6-8-68 au 30-9-68 à 1 m 1/2	30-9-68 au 19-10-68 à 2 m 1/2	19-10-68 au 19-11-68 à 3 m 1/2	19-11-68 au 20-12-68 à 4 m 1/2	20-12-68 au 20-1-69 à 5 m 1/2	20-1-69 au 20-2-69 à 6 m 1/2	20-2-69 au 20-3-69 à 7 m 1/2	20-3-69 au 20-4-69 à 8 m 1/2
	1. Témoin	3,1	6,2	10,2	13,8	17,1	20,0	23,4
2. 1,88 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,1	6,2	10,5	14,7	19,9	25,1	31,2	37,6
3. 3,75 g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	3,3	6,6	11,0	15,5	20,8	26,1	32,5	39,1
Moyenne générale	3,1	6,3	10,6	14,7	19,3	23,7	29,0	34,5
C.V.	6,4	5,2	4,5	3,5	2,3	2,6	2,5	2,3
F 5 p. cent = 4,46	1,86	2,8	3,76	** 13,2	** 93,2	** 138,5	226,5**	** 344,0
F 1 p. cent = 8,65								
PPDS 5 p. cent	N.S.	N.S.	N.S.	0,8	0,6	0,9	1,1	1,2
PPDS 1 p. cent	N.S.	N.S.	N.S.	1,1	0,9	1,3	1,5	1,7

Analyses du Service de Biométrie IFAC.

différenciation florale se traduit bien par le nombre de feuilles émises. La dose la plus élevée de P élève celui-ci significativement par rapport à la dose moins forte (tableau 4).

● Evolution du poids moyen frais de la feuille D (tableau 5, fig. 2).

Les figure et tableau mettent en évidence :

- dès 4 1/2 mois, l'effet hautement significatif d'apports de P à la dose la plus faible ;

- l'absence d'effet significatif de la dose la plus forte de P par rapport à la dose la plus faible, sauf à 7 1/2 mois, correspondant au ralentissement de rythme d'émission foliaire entre 3 1/2 et 4 1/2 mois nettement plus marqué avec cette dose de 1,88 g et encore plus chez le témoin. Le ralentissement d'émission et d'accroissement de la feuille D, qui pourrait être lié à un facteur externe, est atténué puis pratiquement "effacé" par les apports de P. Ceux-ci semblent donc, non seulement amélio-

Tableau 5 - Poids moyen frais de la feuille D. Effets d'apports de P sur sol déficient en P (Guadeloupe).

	à 3 m 1/2 19-11-68	à 4 m 1/2 19-12-68	à 5 m 1/2 20-1-69	à 6 m 1/2 20-2-69	à 7 m 1/2 20-3-69	à 8 m 1/2 21-4-69
1. Témoin $P_2O_5 = 0$	26,5	30,6	35,7	40,8	35,9	41,1
2. $P_2O_5 = 1/4 N$	29,2	40,1	53,8	62,7	69,1	84,6
3. $P_2O_5 = 1/2 N$	31,4	40,3	54,8	64,6	74,4	85,6
Moyenne générale	29,0	37,0	48,1	56,0	59,8	70,4
C. V.	9,7	7,2	13,2	11	5,6	7,4
F 5 p. cent = 4,46						
F 1 p. cent = 8,65	3,8	22,0**	14,4**	24,4**	192,5**	117,3**
PPDS 5 p. cent	N.S.	3,9	9,3	8,7	4,9	7,7
PPDS 1 p. cent	N.S.	5,6	13,5	12,7	7,1	11,1

Analyses effectuées par le Service de Biométrie de l'IFAC.

rer la croissance des plantes, mais la rendre moins sensible à des variations externes.

Au moment du traitement de floraison (8 1/2 mois) les plants sont en pleine croissance ; la carence en P se traduit par une diminution de près de 50 p. cent du poids de la feuille D.

● Evolution de la masse foliaire (tableau 6).

Elle combine les observations de l'émission et de l'évolution du poids moyen de la feuille D.

La dose la plus élevée de P provoque un accroissement plus rapide de la plante, dès 3 1/2 mois.

En culture sur solution (17), après 6 mois la croissance de plants carencés totalement en P est pratiquement stoppée ; la consommation d'eau ramenée à 100 g de matière fraîche est cependant très comparable avec le témoin - alors que les plants carencés ont un aspect de plants manquant d'eau - elle décroît régulière-

ment avec l'âge des plants.

● Observations à la récolte : le fruit.

La différenciation florale provoquée sur des plants de même âge (8 1/2 mois) dans un état végétatif très différent produit une récolte très différente en quantité et qualité (tableaux 7 et 8) : le poids moyen du fruit est plus que doublé, l'acidité diminue avec élévation encore plus forte de l'extrait sec, d'où augmentation du rapport extrait sec/acidité.

La diminution de l'acidité pourrait être un effet secondaire de l'apport de P : les fruits les plus petits sont souvent les plus acides. Plus les apports de P sont forts plus l'acidité diminue et plus la teneur en K s'élève dans la feuille D, alors que dans les essais comportant diverses doses de K il a été montré (2, 6, 7) que lorsque K s'élève dans la feuille D l'acidité du fruit est accrue. Dans le cas présent P, facteur limitant, paraît intervenir directement sur



Tableau 6 - Evolution de la masse foliaire avec des doses d'apports de P croissantes sur sol déficient en P (Guadeloupe).

	Masses foliaires	Masses foliaires cumulées				
		à 3 mois 1/2 du 30-9-68 au 19-11-68	à 4 mois 1/2 le 19-12-68	à 5 mois 1/2 le 20-1-69	à 6 mois 1/2 le 20-2-69	à 7 mois 1/2 le 20-3-69
	1. Témoin $P_2O_5 = 0$	082	176	321	470	590
2. $P_2O_5 = 1/4 N$	089	217	447	713	1.068	1.504
3. $P_2O_5 = 1/2 N$	103	238	481	769	1.165	1.620
Moyenne générale	091	211	416	651	941	1.277
C.V.	11	6,0	7,9	8,7	6,8	6,2
F 5 p. cent = 4,46 F 1 p. cent = 8,65	* 5,24	31,0**	32,3**	39,2**	** 115,1	198,8**
PPDS 5 p. cent	15	18	48	83	94	115
PPDS 1 p. cent	22	27	70	120	136	167

Tableau 7 - Récolte des fruits et carence en P (Guadeloupe).

	Poids moyen d'un fruit	Hauteur moyenne de la plante	Diamètre moyen de la tige	Nombre moyen de cayeux par plant	
				à la récolte	après 5 mois
1. Témoin	0,72	34,0	1,70	0,04	0,65
2. $P_2O_5 = 1/4 N$	1,80	44,5	2,78	0,23	1,24
3. $P_2O_5 = 1/2 N$	1,73	46,0	2,67	0,24	1,27
Moyenne générale	1,42	41,5	2,38	0,17	
C.V.	8,9	2,8	7,1	50	
F 5 p. cent = 4,46 F 1 p. cent = 8,65	113,0**	157,7**	62,1**	8,20*	
PPDS 5 p. cent	0,18	1,7	0,25	0,13	
PPDS 1 p. cent	0,27	2,5	0,36	0,18	

Tableau 8 - Qualité des fruits et carence en P (Guadeloupe).

	Acidité	Extrait sec	Extrait sec acidité	Indice
				texturométrique moyen
1. Témoin $P_2O_5 = 0$	13,23	12,15	0,918	43,22
2. $P_2O_5 = 1/4 N$	12,61	15,73	1,246	45,12
3. $P_2O_5 = 1/2 N$	11,64	15,18	1,304	46,26

l'acidité effaçant l'action de K dans la feuille. D'ailleurs il faut bien remarquer que les fruits du traitement sans P, les plus acides, ont les teneurs en K les plus élevées (tableau 10).

La dose la plus élevée de P (3,75 g/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/plant) n'augmente plus la récolte et tendrait à se montrer dépressive : ce résultat indique

que la dose critique d'engrais phosphoré a été atteinte, voire dépassée avec la dose de 1,88 g, ou bien qu'elle se situe entre les deux doses ; la plus forte correspondant à une consommation de luxe du moins par rapport aux quantités d'autres fertilisants appliquées.

## EFFETS D'APPORTS DE PHOSPHORE SUR LA COMPOSITION DE LA FEUILLE D

L'analyse foliaire est effectuée sur la feuille D entière ou - dans le cas de l'essai sur sol carencé par exemple - divisée en 3 parties : base, milieu et reste de la partie verte.

### ● Teneurs en phosphore

Effets d'apports sur sol carencé.

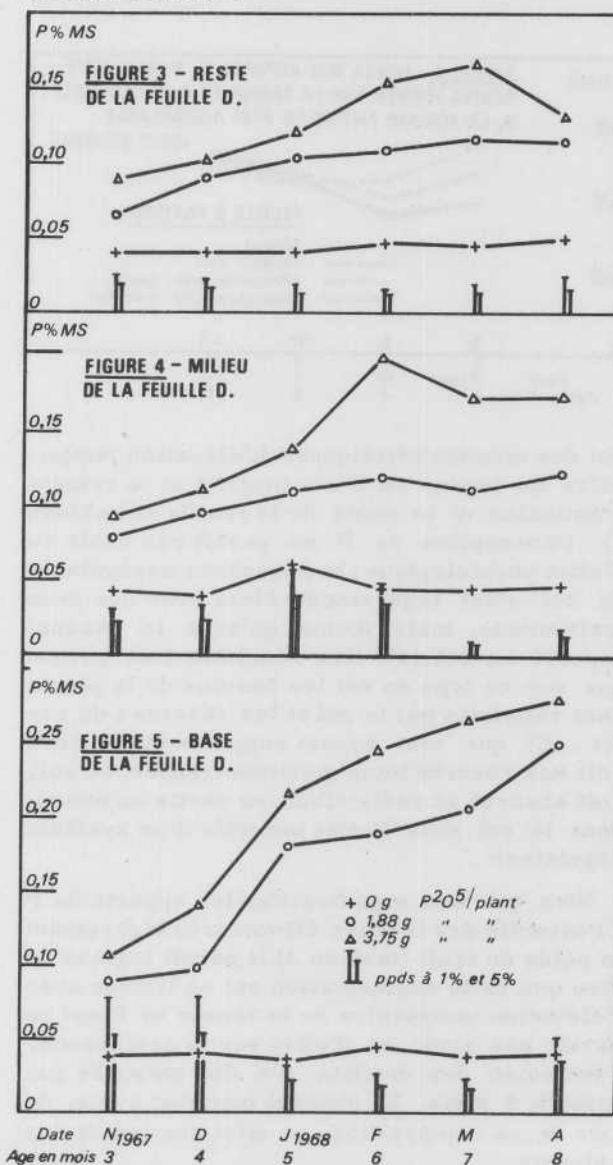
Ils apparaissent de façon spectaculaire dans les fig. 3, 4, 5 : ils marquent dès l'âge de 3 mois, les plants n'ayant encore reçu que 1/4 de leur dose totale de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, tout particulièrement dans le "reste" de la feuille. Sachant que des apports d'engrais exercent leur effet sur la teneur foliaire 2 1/2 mois plus tard (9), le maximum n'étant atteint qu'après 5 à 6 mois, on doit même considérer que seuls les apports au sol avant plantation ont produit leur effet. Les effets cumulés des apports progressifs provoqueront ensuite une élévation progressive des niveaux (plus rapide dans la base), tandis que sans apport de P le niveau se maintiendra pratiquement constant.

La feuille de l'ananas ayant une croissance basale, et en fonction du rôle de P dans la multiplication cellulaire, cette base est d'une part la plus riche en P quand cet élément est suffisant, d'autre part la plus sensible au manque de P elle est la plus pauvre en P sans apport.

Apparemment P a un gradient de teneur négatif de la base à l'apex de la feuille D : base plus riche que le milieu, lui-même plus riche que le reste.

La dose double de P donne des élévations de teneurs très significatives par rapport à la dose simple, entre 5 et 7 mois, dans les trois parties de la feuille. Mais au traitement de floraison, si la différence est toujours très significative dans le milieu, elle est à la limite de la signification dans la base et le reste : ces

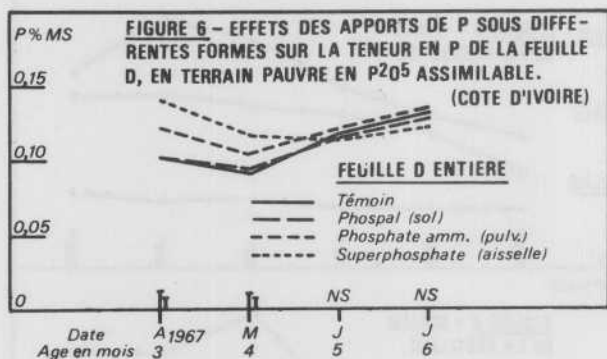
EFFETS D'APPORTS DE P SUR LA COMPOSITION DE LA FEUILLE D, SUR SOL CARENCE EN P.



deux échantillons sont donc en meilleure corrélation avec la récolte, le milieu de la feuille ne conviendrait donc pas le mieux pour le diagnostic.

Effets d'apports en terrain pauvre en P assimilable (0,02 p. mille).

Apporté l'un en pulvérisation, l'autre à l'aisselle des feuilles, et bien que n'ayant que peu ou pas d'effet sur la production, le phosphate d'ammoniaque et surtout le superphosphate élèveront le niveau foliaire jusqu'à 4-5 mois (fig. 6) ; le phospal apporté au sol ne se distinguant pas du témoin. Mais au moment du traitement de floraison les quatre traitements



ont des niveaux identiques. L'élévation temporaire de teneur en P n'a modifié ni le rythme d'émission ni le poids de la feuille D (tableau 3) : l'absorption de P ne paraît pas avoir eu d'effet physiologique ; le phosphore assimilable du sol s'est légèrement élevé avec ces deux traitements, mais moins qu'avec le phospal apporté au sol (4). Ces résultats font penser que sur ce type de sol les besoins de la plante sont satisfaits par le sol et les réserves du rejet. Et que tout apport supplémentaire sera soit non absorbé immédiatement (apport au sol), soit absorbé et redistribué, en partie au moins, dans le sol sous l'effet possible d'un système régulateur.

Bien que non significatifs, les apports de P à l'aisselle des feuilles élèvent très légèrement le poids du fruit (tableau 3). Il paraît logique de dire que cette augmentation est en liaison avec l'élévation temporaire de la teneur en P qui ne paraît pas avoir eu d'effet sur la croissance, l'émission des feuilles n'a été mesurée que jusqu'à 4 mois. Le phospal pourrait avoir, du fait de sa composition, un effet sur les cycles suivants.

Niveau de carence et niveau critique.

En Guadeloupe, sans apport de P, les plants ont présenté des symptômes identiques à ceux obtenus en culture sur solution carencée totalement en P. Les niveaux foliaires sont également très comparables :

à tous les âges de la plante il y a carence pour des teneurs inférieures ou égales à 0,05 p. cent de P par rapport à la matière sèche dans la base, le reste de la feuille ou la feuille D entière.

La détermination du niveau critique est beaucoup moins précise et il faut déjà admettre que le niveau foliaire à des stades végétatifs de la plante est en bonne corrélation avec la récolte. Pour le fixer, il serait nécessaire de faire des essais à différents âges de la plante et à différentes doses, surtout pour la détermination pendant la croissance avant l'hormonage. Avec la dose de 1,88 g la production tend à être meilleure qu'avec la dose de 3,75 g (consommation de luxe). Il y a donc toutes chances que les teneurs mesurées avec la dose de 1,88 g au moment de la différenciation florale soient au moins au niveau critique : 0,115 p. cent dans le reste, 0,122 p. cent dans le milieu, 0,249 p. cent dans la base.

Les feuilles D prélevées dans différents pays au moment du traitement de floraison ont des teneurs en général en bonne corrélation avec la richesse du sol. C'est ainsi que sur les sols de Côte d'Ivoire les plus pauvres, on trouve régulièrement les niveaux les plus faibles. Cependant dans certains cas sur sol riche, au moment du traitement de floraison, nous avons rencontré des teneurs voisines de 0,10 p. cent en phosphore sans effet sur la production de fruits. En Côte d'Ivoire les niveaux les plus bas que nous ayons rencontrés sont également de 0,10 p. cent - avec ou sans apport de phosphore - sans différences pour la production.

Il semble bien que le niveau critique du phosphore se situe à environ 0,10 p. cent dans la feuille D entière ou le "reste" de la feuille.

Dans la base le niveau critique paraît, par comparaison, être à environ 0,21 p. cent à condition que si la partie verte est réellement à un niveau critique, la base se trouve également à ce niveau en même temps ?

Les niveaux les plus élevés rencontrés dans la feuille entière au moment du traitement de floraison sont de l'ordre de 0,44 p. cent au



Cameroun sur sol riche en phosphore : 0,7 p. mille de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> assimilable.

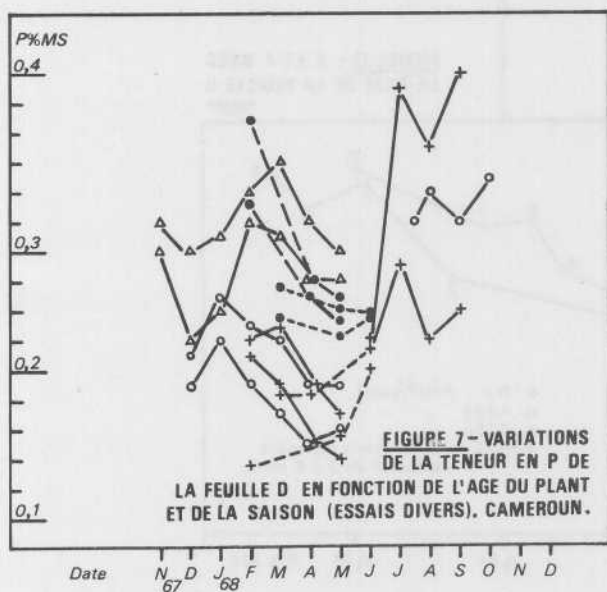
Evolution de P dans la feuille D en fonction de l'âge du plant.

La teneur foliaire en P tend à varier irrégulièrement, indépendamment de l'âge et des apports de P, alors que NIGHTINGALE (11) indique une teneur croissante avec l'âge de la plante.

Si aux stades les plus jeunes (3-4 mois) les niveaux sont faibles, inférieurs à 0,09 p. cent, ils tendent à s'élever pour atteindre régulièrement des valeurs supérieures à 0,10 p. cent au moment du traitement de floraison, avec d'un mois sur l'autre des fluctuations dans un sens ou dans l'autre. On peut ainsi penser que si la plante au traitement de floraison se trouve au niveau critique, les niveaux plus faibles à des stades jeunes correspondent également à des niveaux critiques correspondants à ces âges de la plante.

En partant d'un niveau de carence avec apports de doses progressives (Guadeloupe), le phosphore foliaire s'élève régulièrement.

Il est fort probable que les variations en dents de scie sont liées à des facteurs externes. C'est ainsi qu'au Cameroun (fig. 7) sur sols riches en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, pour l'année 1967-68,



dans plusieurs essais, une forte élévation de niveau (septembre-octobre) correspond à la saison des pluies, la période de mars-avril à

niveaux élevés correspond à une saison pendant laquelle la poussée végétative est la plus forte (8) : on pourrait penser qu'un effet de dilution aurait pu se produire. L'élévation de niveau du phosphore (tableau 5), qu'il y ait ou non apport de P, correspond également à la saison des pluies en Côte d'Ivoire.

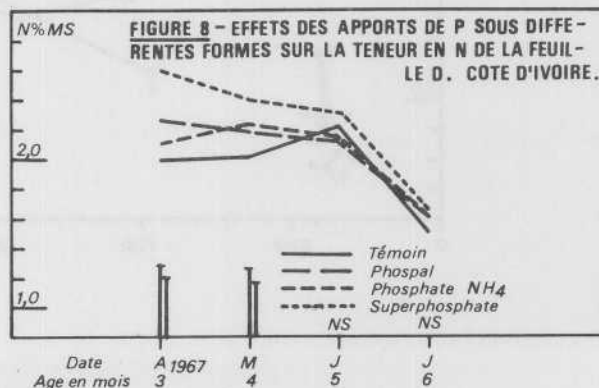
P varie également en fonction de l'évolution de la matière organique du sol : il augmente avec l'âge si la sole précédente a été enfouie récemment et diminue dans le cas contraire (voir nombreux documents de Réunions annuelles antérieures sur les analyses foliaires d'ananas en Côte d'Ivoire). L'évolution de la matière organique est elle-même influencée par les conditions climatiques ; ainsi en Martinique, et en altitude, les sols sont plus riches en matière organique par suite d'une décomposition plus lente et P se trouve sous une forme plus facilement assimilable.

● Effets d'apport de P sur les autres éléments.

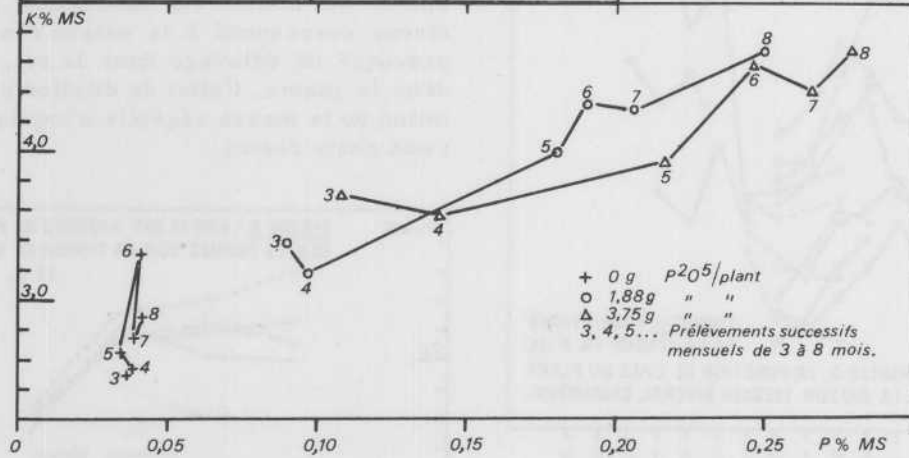
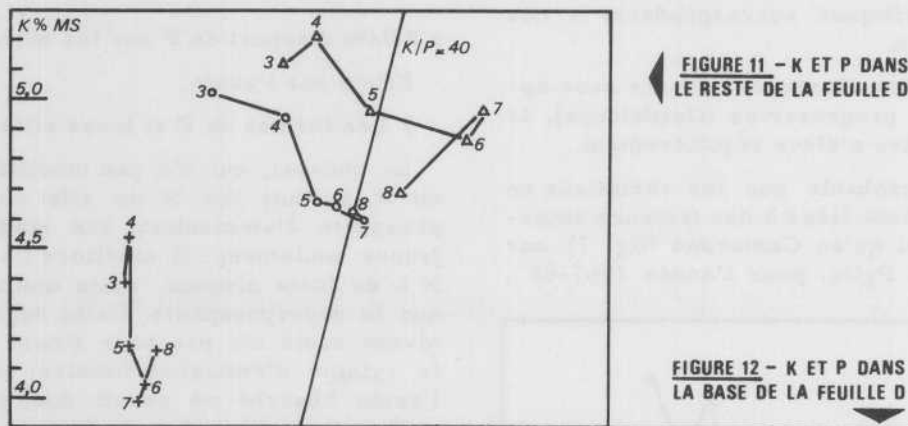
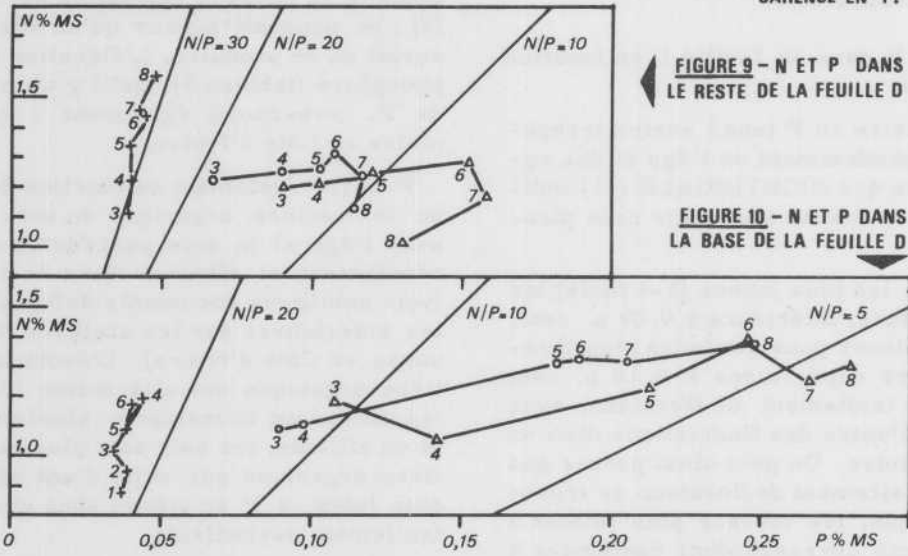
Effets sur l'azote.

- Les formes de P et leurs effets (fig. 8).

Le phospal, qui n'a pas modifié la nutrition en P, produit sur N un effet comparable au phosphate d'ammonium, aux stades les plus jeunes seulement : il améliore l'absorption de N à de forts niveaux, mais moins cependant que le superphosphate. Cette augmentation de niveau azoté n'a pas pour autant marqué sur le rythme d'émission foliaire, par exemple, l'azote absorbé ne paraît donc pas avoir été utilisé au mieux. La diminution générale de niveau correspond à la saison des pluies, qui provoque un délavage dans le sol, mais aussi dans la plante, l'effet de dilution par augmentation de la masse végétale n'explique pas seul cette chute rapide.



EFFETS DES APPORTS DE P SUR LES AUTRES ELEMENTS. EVOLUTION AVEC L'AGE DU PLANT SUR SOL  
CARENCE EN P.



- La carence en P - apports de phosphore.

En cas de carence en P, N apporté progressivement s'accumule, dans la partie verte de la feuille surtout, sans provoquer un accroissement proportionné de la masse végétale.

Les deux doses de P ont un effet identique sur N. Alors que la croissance de la plante n'est pas encore modifiée par rapport au témoin, l'azote s'accumule dans le "reste" de la feuille (fig. 9) : c'est en quelque sorte le potentiel qui va déclencher la forte poussée de croissance, les apports progressifs suffiront seulement à maintenir ce niveau jusqu'à 6 mois, puis il diminue - malgré des quantités plus importantes de N apporté - par effet de dilution dans la masse végétale. Dans la "base", l'azote ne traduit pas l'état de développement, mais plutôt les mouvements de N dans la plante à la suite des apports progressifs en pulvérisation : la teneur en N tend à croître régulièrement (fig. 10). La base serait donc plutôt un indicateur de la nutrition instantanée en N et K.

Effets sur le potassium.

Les formes de P ne modifient pas la nutrition des cations. Par contre, sur sol carencé en P, des apports de P améliorent très significativement l'absorption de K, d'autant plus que la quantité de P est importante (fig. 11 et 12) ; les niveaux étant, dans le cas étudié, déjà élevés avec la carence en P sur un sol riche en bases échangeables.

L'évolution de K en fonction de l'âge est comparable à celle de N ; dans la partie verte, même carencée en P, K décroît, probablement par dilution ; alors que dans la base, K augmente et semble encore traduire les migrations dans la plante.

Dans le bilan de la plante nous verrons que les quantités de K immobilisées dépassent très largement les quantités apportées, surtout avec apport de P. L'absorption du K disponible dans le sol est favorisée par une bonne nutrition en P. En fait il semble plus logique de dire que les apports de P ont augmenté la masse végétale, donc le débit de la pompe absorbante qui assimile le K pouvant être disponible.

Calcium et magnésium : effets d'apports de P sur sol carencé (fig. 13, 14, 15, 16).

Ces deux éléments évoluent parallèlement dans chaque partie de la feuille.

La chute régulière de Ca et Mg avec la carence en P paraît être une réaction antagonique à l'augmentation de K. Cependant, au moment de la différenciation florale, les feuilles sont pratiquement déficientes en Mg (0,17 p. cent), traduisant l'état de chlorose et de dessèchement de la plante. Le manque de P paraît induire une malnutrition en Mg et également en Ca.

En effet il est remarquable que dans les premiers stades de développement, malgré les apports de P, Ca et Mg diminuent dans des plants à bonne croissance ; puis ces deux éléments augmentent de nouveau, dans la base comme dans le reste de la feuille, et cette augmentation se produit quand la feuille atteint des teneurs en P voisines de 0,10-0,11 p. cent, qui est le niveau critique déterminé au moment du traitement de floraison. Dans la base, Ca et Mg augmentent quand P atteint ou dépasse 0,15-0,18 p. cent, le niveau critique de 0,20 p. cent pourrait donc être surestimé. Plus la quantité de P apporté est élevée, plus la feuille est riche en Ca. Dans les parcelles carencées, c'est aux stades les plus jeunes que les feuilles sont les plus riches en Ca : antagonisme à K et peut-être aussi accumulation due à la mauvaise croissance ?

L'apport de P sur sol carencé exerce un effet favorable sur l'absorption des cations :

- effet direct sur K, dont les niveaux s'élèvent avec les doses croissantes de P ;

- effet sur Ca et Mg lié à l'état de nutrition en P de la feuille : carence ou déficience en P limite leur absorption, qui diminue avec l'âge, et qui est améliorée quand P dépasse son niveau critique et d'autant plus que P est élevé ;

- effet secondaire lié aux doses de P sur l'absorption de Ca : plus l'apport de P est élevé, plus Ca s'élève.

Plus P est fort (en teneur et en apports), plus la somme des cations est haute (tableau 9). Dans les premiers mois les effets de P se marquent principalement sur K dans la proportion entre cations.

Fer et manganèse : effets d'apports de P sur sol carencé.

L'évolution de Mn est identique à celle de Ca et Mg : chute régulière de Mn tant que la teneur en P n'atteint pas le niveau critique, puis élévation des teneurs. Quand la teneur en P est inférieure au niveau critique, des apports de

EFFETS DES APPORTS DE P SUR LES AUTRES ELEMENTS. EVOLUTION AVEC L'AGE DU PLANT SUR SOL  
CARENCE EN P.

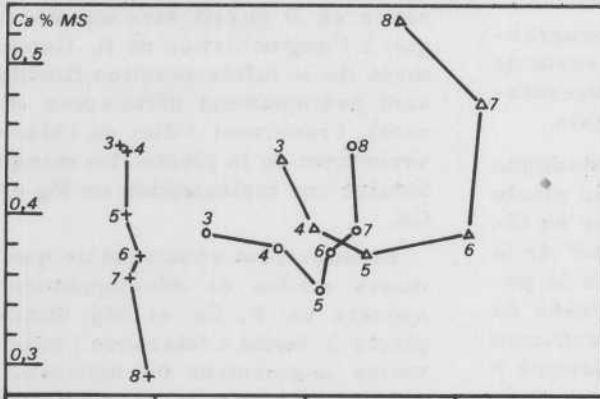


FIGURE 13 - Ca ET P DANS LE RESTE DE LA FEUILLE D

FIGURE 14 - Ca ET P DANS LA BASE DE LA FEUILLE D

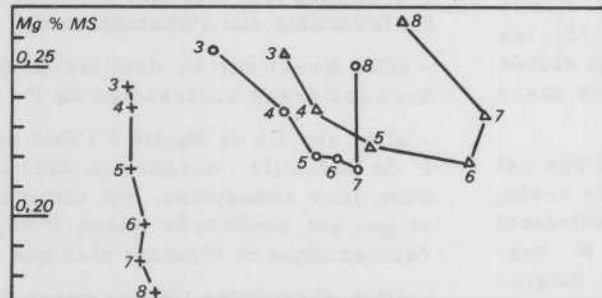
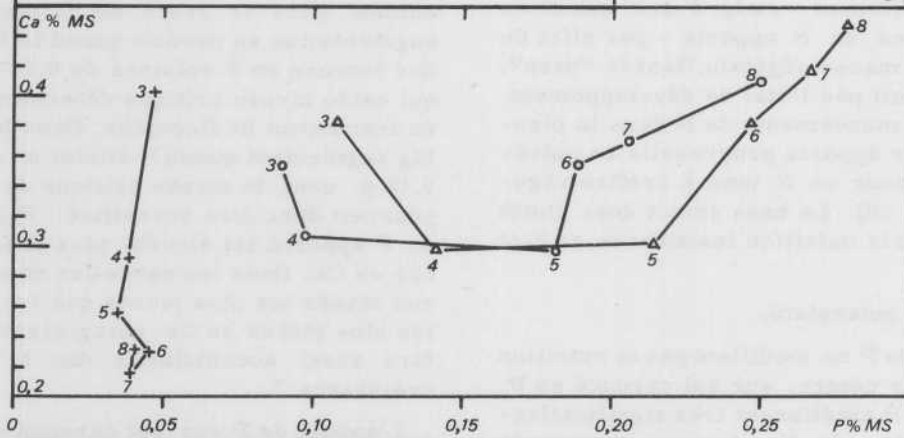
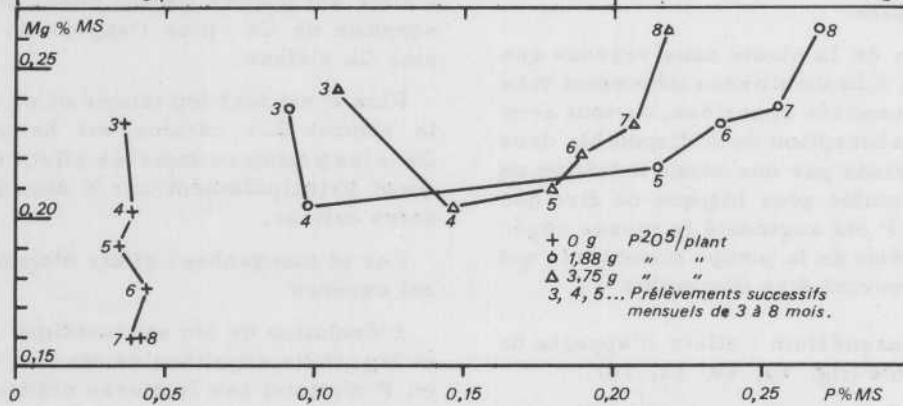


FIGURE 15 - Mg ET P DANS LE RESTE DE LA FEUILLE D

FIGURE 16 - Mg ET P DANS LA BASE DE LA FEUILLE D



+ 0 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/plant  
 o 1,88 g " "  
 Δ 3,75 g " "  
 3, 4, 5... Prélèvements successifs mensuels de 3 à 8 mois.

Tableau 9 - Evolution de la somme et de la répartition des cations dans la feuille D avec l'âge de la plante en fonction des apports de P sur sol.carencé (Guadeloupe).

Age de la plante mois	Traitements	Base			Milieu			Reste					
		Somme méq %	% du total			Somme méq %	% du total			Somme méq %	% du total		
			K	Ca	Mg		K	Ca	Mg		K	Ca	Mg
3	1	104	63	19	18	153	74	13	13	155	73	14	13
	2	124	70	15	15	156	79	9	12	171	76	12	12
	3	135	71	14	15	163	78	10	12	175	75	13	12
4	1	97	67	15	18	147	75	13	12	159	74	13	13
	2	114	72	13	15	160	79	10	11	163	76	12	12
	3	125	74	12	14	166	80	10	10	173	77	12	11
5	1	97	70	13	17	152	74	10	16	146	74	14	12
	2	135	76	11	13	168	76	9	15	156	77	11	11
	3	135	76	11	13	175	77	9	14	165	78	11	11
6	1	111	76	10	14	140	72	11	17	139	75	14	11
	2	147	76	12	12	160	77	9	14	157	76	12	12
	3	157	76	12	12	187	77	9	14	160	77	12	11
7	1	94	74	12	14	141	74	10	16	136	76	13	11
	2	147	75	12	13	156	75	10	15	157	76	12	11
	3	155	74	13	13	171	73	10	17	169	75	14	11
8	1	98	76	11	13	134	81	9	10	136	79	11	10
	2	163	74	13	13	156	78	11	11	163	73	14	13
	3	168	73	14	13	157	77	11	12	170	71	16	13

Traitement 1 =  $P_2O_5 = 0$  ; Traitement 2 =  $P_2O_5 = 1,88$  g ; Traitement 3 =  $P_2O_5=3,75$  g

phosphore, sans distinction entre les deux doses, exercent un effet dépressif sur les teneurs en Mn.

Sur la teneur en fer, cet effet dépressif se poursuit, dans le reste de la feuille, pendant toute la croissance. Cultivés sur un sol déficient en fer par excès de Mn, les plants recevant du P auront donc tendance à être plus déficients en fer, par rapport à Mn, que les plants carencés en P : le rapport Fe/Mn diminue (8). Ce caractère paraît expliquer la coloration vert pâle observée chez les plants ayant reçu du P, malgré les apports de sulfate de fer.

● Effets d'apports d'éléments majeurs (N, K, Ca, Mg) sur le phosphore de la feuille D.

Azote.

Apporté sous deux formes : urée et nitrate d'ammonium (10, 15), l'azote n'influence pas la nutrition phosphorée. On sait par ailleurs que les nitrates ont un effet dépressif sur l'absorption de P. L'augmentation de la masse végétale synthétisée, par suite d'apports croissants d'urée, produit un effet de dilution sur la teneur

en P. Cependant un antagonisme N-P véritable a été mis en évidence au Cameroun : le contenu de feuille D de plants de 4 mois diminue avec des doses croissantes d'urée (7).

Cations.

Leurs apports ont des effets contradictoires selon les essais :

- Dans un même essai d'équilibre cationique, répété en deux situations de Martinique (6), la teneur en P est, dans un cas, constante quelles que soient les proportions entre cations ; et dans l'autre, P est le plus faible quand K est le plus faible (12 p. cent des cations).

- Au Cameroun, pour une même dose d'azote, des doses croissantes de K abaissent la teneur et le contenu en P de la feuille D (7) ; il s'agit donc probablement d'un antagonisme, alors que des apports de P sur sol déficient augmentent l'assimilation de K ; dans un deuxième essai identique, mais planté à une autre saison et sur un sol déficient en K, cet antagonisme n'apparaît plus.

- En Côte d'Ivoire des apports de chaux au sol



(10 t/ha) ou de doses croissantes de Mg (13), ont un effet dépressif sur P par antagonisme possible. Résultat confirmé par les cultures

en hydroponique : les carences totales en Ca et Mg causent une forte élévation des teneurs en P (de 0,31 à 0,47 p. cent) (5).

## IMMOBILISATIONS PAR LA PLANTE A LA RÉCOLTE

### ● Effets de la carence en phosphore et de sa correction.

#### Matière végétale.

Confirmant les observations en culture sur solution (5), le bilan montre qu'en cas de carence en P, les racines sont plus développées et sont surtout plus riches en eau, ainsi que les tiges et pédoncules. Les organes aériens sont toujours plus faibles, et principalement les feuilles.

#### Phosphore.

Tous les organes sont appauvris en P (tableau 10). Les plus riches dans la plante sont

ceux de multiplication qui sont aussi les plus jeunes, confirmant le rôle du P dans la plante : couronne, rejets, fruits à un degré moindre.

Bien que la carence se soit développée sur sol dépourvu de P assimilable, selon un critère chimique et non pas physiologique, la plante ne recevant pas de phosphore immobilisé 0,172 g de P (tableau 11), soit environ 10 kg/ha (22,9 kg/ha de  $P_2O_5$ ). Il ne faut pas oublier que les rejets pesaient 515 g en moyenne; les rejets ont couramment des teneurs comprises entre 0,15 et 0,20 p. cent de P, c'est-à-dire qu'ils apportent au minimum 0,080 g de P, soit près de 50 p. cent de P total immobilisé par les témoins.

Tableau 10 - Teneurs en éléments minéraux des différentes parties de la plante à la récolte sur sol carencé en P (Guadeloupe).

	p. cent M. S.					p. p. m. M. S.	
	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn
<b>Racines</b>							
Traitement 1	0.40	0.010	0.29	0.060	<050	6.400	1.500
Traitement 2	0.46	0.030	0.30	0.040	-	15.000	1.147
<b>Pédoncules + tiges</b>							
Traitement 1	0.57	0.026	2.81	0.187	0.052	218	345
Traitement 2	0.42	0.040	3.45	0.258	0.101	190	340
<b>Feuilles</b>							
Traitement 1	1.63	0.055	4.81	0.372	0.192	575	700
Traitement 2	1.00	0.078	4.95	1.00	0.330	832	1.820
<b>Rejets</b>							
Traitement 1	1.47	0.104	4.31	0.835	0.282	600	1.620
Traitement 2	1.04	0.126	3.75	0.546	0.240	730	960
<b>Couronnes</b>							
Traitement 1	1.49	0.090	4.60	1.04	0.425	233	1.740
Traitement 2	1.47	0.265	3.35	1.50	0.560	324	2.300
<b>Fruits</b>							
Traitement 1	0.85	0.061	2.90	0.230	0.135	425	350
Traitement 2	0.61	0.078	2.37	0.270	0.166	240	418

Traitement 1 - 0 g  $P_2O_5$     Traitement 2 - 1,88 g  $P_2O_5$ /plant

Tableau 11 - Immobilisations (en grammes) de l'ananas sur sol carencé en P (Guadeloupe).

Traitements	Poids frais		Poids sec		N		P		K		Ca		Mg	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
Racines	36	19	9	8	0,036	0,037	0,001	0,002	0,026	0,024	0,005	0,003		
Tige+pédoncule	71	169	18	110	0,103	0,462	0,005	0,044	0,506	3,795	0,034	0,284	0,009	0,111
Feuilles	840	3100	151	558	2,461	5,580	0,083	0,435	7,263	27,621	0,562	5,580	0,290	1,841
Rejets	57	174	5	21	0,074	0,218	0,005	0,027	0,216	0,788	0,042	0,115	0,014	0,050
Fruits	774	1980	116	337	0,986	2,056	0,071	0,263	3,364	7,987	0,267	0,910	0,157	0,559
Couronnes	52	58	8	12	0,119	0,176	0,007	0,032	0,368	0,402	0,083	0,180	0,034	0,067
Totaux	1830	5500	307	1046	3,779	8,529	0,172	0,803	11,743	40,617	0,993	7,072	0,504	2,628

Traitement 1 - 0 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>Traitement 2 - 1,88 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/plant

Tableau 12 - Immobilisations en P du plant entier d'ananas aux Antilles.

Localisation	Essai	Apports de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable o/oo Truog à la plantation	Poids de la plante entière (kg)	Poids du fruit (kg)	P immobilisé dans la plante entière (g)
Guadeloupe La Sarde	Phosphore	0 g 1,88 g/plant	0,001	1,829 5,500	0,720 1,800	0,172 0,803
Martinique Basse- Pointe	doses mensuelles NPK constantes croissantes	5 g dont 0,84 g après plantation	0,144	6,191 6,533	1,630 1,730	1,336 1,573
Lamentin	équilibres cationiques	5,25 g (en 9 pulvérisations)	0,059	5,550	2,200	1,191 fruit usiné (sans racines)
Morne Rouge	équilibres cationiques		0,081	3,200	1,230 fruit frais	0,651 (sans racines)

Avec apport de 1,88 g de  $P_2O_5$ , soit 0,82 g de P, l'immobilisation est de 0,803 g de P par plante (environ 50 kg/ha) : donc presque la totalité du P apporté, dont 0,322 g seront exportés par les fruits, couronnes et rejets.

En tenant compte des apports par le rejet, environ 0,10 g de P pulvérisé est perdu, soit directement au sol, soit par délavage, soit par rejet de la plante après absorption.

En proportion les organes de multiplication immobilisent plus de P en cas de carence (0,083/0,172 g) qu'avec apport de P (0,321/0,803 g) indiquant bien le mouvement préférentiel vers ces organes plus jeunes, donc à besoins plus importants, quand P vient à manquer.

Ces immobilisations comparées à celles mesurées dans d'autres essais des Antilles (tableau 12) montrent que la quantité de P immobilisée n'est liée ni à la richesse du sol en  $P_2O_5$  assimilable ni au poids du fruit ou de la plante. Une bonne partie du phosphore apporté, au sol ou en pulvérisation, ne sera pas utilisée et pourra dans la généralité des cas élever les niveaux du sol (6).

#### Azote

La carence en P élève les teneurs de N (tableau 10) sauf dans les racines. L'azote absorbé a été mal utilisé du fait de la carence, facteur limitant. Sur 7,5 g apportés (dont 6,5 en pulvérisation) plus les réserves du rejet, 3,8 g sont immobilisés et mal utilisés, le restant ayant pu être délavé sur et même dans les feuilles ou rejeté activement par la plante, rejet dans le sol ou l'atmosphère ?

L'apport de P a stimulé la croissance, donc l'absorption de N nécessaire : les apports ne suffisent pas (8,529 g immobilisés) et entraînent donc un emprunt temporaire au sol jusqu'à enfouissement de la sole puisque seulement 34 p. cent de l'azote immobilisé seront exportés.

#### Potassium.

Avec la carence en P, sa teneur s'élève dans les organes de multiplication (tableau 10), tout particulièrement dans les couronnes et, en proportion ils en immobilisent plus que lorsque la carence est corrigée (33,6 p. cent contre 22,6 p. cent), caractère assez courant chez les plantes malades. L'apport de 8,13 g de K sur

ce sol à 0,65 meq p. cent de K échangeable n'assure pas toute l'alimentation des plants carencés en P (11,74 g).

Les apports de P ont encore augmenté cette absorption (40,62 g), alors que sur un terrain plus riche en K (1,15 meq p. cent) avec apport de 8,3 g de  $K_2O$  les plants n'immobilisent que 21,20 g de K (6). Donc, sur sol déficient en P, des apports de P favorisent, et même exagèrent, l'absorption de K : le maximum d'immobilisation sur le terrain trouvé jusqu'à maintenant était de 22,30 p. cent (16). Dans les essais d'équilibres cationiques les plants les plus riches en K sont les plus riches en P (6).

#### Calcium - Magnésium.

Si les teneurs de Ca et Mg sont plus faibles en cas de carence en P, sauf dans les rejets, en proportion les organes de multiplication en immobilisent plus.

L'apport de P sur sol carencé en P et riche en Ca et Mg augmente encore plus l'absorption de ces deux éléments que celle de K : près de 8 fois pour Ca.

Sur sol carencé en P les bilans montrent donc ;

- l'effet favorable d'apports de phosphore sur l'absorption et l'immobilisation de P et des cations.

- l'ananas, même avec une mauvaise croissance, est "gourmand" en K;

- les apports fractionnés croissants sont très favorables à la nutrition azotée : les immobilisations les plus élevées sont rencontrées avec ce type de fumure (16).

- quel que soit le traitement, les feuilles puis les fruits immobilisent le plus de chacun des éléments en liaison avec leur poids le plus élevé ;

- les racines sont très riches en fer et manganèse (tableau 10) ; elles absorberaient ceux-ci en fonction de la richesse du sol et la plante puiserait en elles en fonction de ses besoins, caractère que nous avons déjà trouvé chez les agrumes par exemple. Ce résultat indiquerait aussi que les toxicités, au moins celles de ces métaux, doivent être recherchées plutôt dans les racines que dans les feuilles.

## CONCLUSION

En quantité, le phosphore est l'élément majeur le moins important chez l'ananas ; sa carence cause cependant de fortes perturbations du métabolisme.

Plutôt que la quantité de phosphore assimilable dans le sol, la notion du pouvoir fixateur du sol pour P est nécessaire pour expliquer la non-réponse de l'ananas aux apports de P : la plupart des sols à ananas et ceux où ont été le plus souvent conduits les essais ont un pouvoir fixateur faible.

Le phosphore chez l'ananas joue un rôle sur la croissance : en favorisant la multiplication cellulaire il augmente l'utilisation de l'azote par la plante. Le défaut de P ne paraît pas limiter l'absorption de N, il l'augmenterait plutôt, ramené à 100 g de matière fraîche 0,21 g de N sont immobilisés en cas de carence, contre 0,16 g quand elle est corrigée par apport de P, mais il est mal assimilé et utilisé.

L'utilisation des cations comme du manganèse dépend très largement de la nutrition phosphorée. En sol carencé en P, le potassium semble être plus facilement absorbé par la plante et d'autant plus que celle-ci est plus grande en liaison directe avec les doses croissantes d'apport de P. L'absorption de Ca, Mg et Mn dépend de l'état nutritif de l'ananas en P.

Dans la feuille D entière la carence en P se situe à des teneurs inférieures à 0,05 p. cent de matière sèche. Le niveau critique au moment de la différenciation florale serait à environ 0,10 p. cent.

## BIBLIOGRAPHIE

1. CIBES (H.), SAMUELS (G.). Mineral deficiency symptoms displayed by Smooth Cavender pineapple plants grown under controlled conditions. *Techn. Paper Puerto-Rico Agr. Exp. Sta.*, n°31, p.1-30 1961.
2. GAILLIARD (J.P.). Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. 1.- Résultats agronomiques. *Fruits*, Jan. 1970, vol. 25, n° 1, p. 11-24.
3. GODEFROY (J.) et LACOEUILHE (J.J.). Un cas de carence en P sur bananier en plein champ en Guadeloupe. *IFAC Réunion annuelle 1969*, doc. 136.
4. GODEFROY (J.) et col. Action de la fumure phosphatée en culture d'ananas en Côte d'Ivoire et en Guadeloupe. *Fruits*, vol. 26, n° 3, 1971.
5. GUYOT (A.) et MARTIAL (J.). Installations pour culture hydroponique d'ananas à Moutte (Martinique). *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 41.
6. LACOEUILHE (J.J.) et GICQUIAUX (Y.). La nutrition en cations de l'ananas en Martinique. *Fruits*, à paraître.
7. MARCHAL (J.) et col. Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas frais au Cameroun. *Fruits*, Feb. 1970, vol. 25, n° 2, p. 87-96.
8. MARCHAL (J.). Les oligo-éléments chez l'ananas. *Fruits*, à paraître.
9. MARTIN-PREVEL (P.). Aperçu sur les relations croissance-nutrition chez l'ananas. *Fruits*, mars 1959, vol.14, n°3, p. 101-122.
10. MOREAU (J.) et col. Résultats de l'essai ammonitrateurée. *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc.46.
11. NIGHTINGALE (G.T.). K and P nutrition of pineapple in relation to nitrate and carbohydrate reserves. *Bot. Gaz.*, 1942, 104, p. 191-223.
12. POIGNANT (A.). Essai Ca-B en Côte d'Ivoire (EN-7-68 Usine). *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 83.
13. POIGNANT (A.). Essai phytotoxicité de Mg (EN-6-67 Us. Côte d'Ivoire). *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 85.
14. PY (C.) et col. Résultats complets de l'essai Phosphore Sarde (Gu-Neu-68). *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 16.
15. PY (C.) et col. Résultats de l'essai MR-68-P (Comparaison de différentes formes de N). *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 52.
16. PY (C.) et col. Essai 68n0-A - Présentation - Modifications - Quelques résultats. *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 57.
17. TISSEAU (M.A.). Synthèse agronomique de l'essai formes de P (EN-3-67) en Côte d'Ivoire. *IFAC Réunion annuelle 1970*, doc. 50.

18. TISSEAU (Renée). Symptômes sur des plants d'ananas cultivés en hydroponique. 1.- Carences partielles et totales en éléments majeurs.

*IFAC Réunion annuelle 1970, doc. 73.*

19. TISSEAU (M.A.). Un essai de floraison - nutrition minérale de l'ananas conduit en milieu artificiel :

symptômes de carences provoquées.

*Journées d'études sur la nutrition minérale, IFAC 3-4 oct. 1963, p. 105-118.*

20. TISSEAU (Renée). Les symptômes de carence de l'ananas.

*Fruits, à paraître.*



## 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**