

POTASSIUM, CALCIUM ET MAGNÉSIUM DANS LA NUTRITION DE L'ANANAS EN GUINÉE

V

DONNÉES DE L'ANALYSE FOLIAIRE

par **P. MARTIN-PRÉVEL**

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

Comme nous l'avions annoncé dans l'introduction du précédent article (étude de la croissance foliaire) de cette série () nous poursuivons notre compte-rendu en détaillant les résultats fournis par l'analyse foliaire. Ces résultats seront discutés d'un point de vue plus synthétique lorsque nous aurons présenté ceux de l'analyse du sol.*

Les feuilles « D » prélevées mensuellement dans les 64 parcelles de l'essai H 56 ont fait l'objet de dosages d'azote, phosphore, potassium calcium et magnésium. La portion foliaire conservée en vue de cette analyse minérale était celle choisie par les auteurs hawaïens, c'est-à-dire le tiers médian de la partie basale, non chlorophyllienne ; au moment où nous commençons cette étude, nous n'avions pas encore mis en évidence l'intérêt de l'analyse des feuilles « D » en entier, en complément ou à la place de l'analyse suivant la méthode hawaïenne.

L'étude des courbes d'analyse foliaire, avec la méthode hawaïenne, dans deux autres essais appartenant à la même série que l'essai H 56 nous a montré le faible intérêt des résultats obtenus en mars, avril, mai et décembre 1956 et 1957. Pour alléger la tâche du laboratoire, nous n'avons donc pas fait analyser les échantillons correspondant aux prélèvements n° 2, 6, 9, 10 et 14 : leurs résultats n'auraient modifié que des détails sans intérêt dans l'allure des courbes que nous présentons ci-dessous. Les deux essais dont les conclusions nous ont permis de réduire ainsi le nombre des analyses sont l'essai « dates de plantation, poids des rejets » (3) et l'essai « doses d'azote 56 » (4) ; leurs résultats analytiques seront publiés seulement dans l'ouvrage collectif prévu sur la croissance et la nutrition minérale de l'ananas.

L'azote a été dosé par la méthode de KJELDAHL avec addition d'acide salicylique pour éviter les pertes de nitrates, et le phosphore par colorimétrie nitrovanado-molybdique sur la solution des cendres.

Le potassium a été déterminé par photométrie de flamme ; le calcium et le magnésium l'ont été par complexométrie, sur la solution des cendres également.

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Pour la clarté des figures, nous avons jugé préférable de répartir sur trois graphiques, pour chaque caractère étudié, les courbes représentatives des 16 traitements ; cette disposition avait déjà été adoptée pour le précédent article (croissance foliaire). Du reste, l'analyse statistique a été effectuée en deux séries distinctes, l'une comportant les traitements 1 à 12 (étude des proportions de K, Mg et Ca avec somme $K + Mg + Ca$ constante), l'autre les traitements 12 à 16 (étude de la dose de $K + Mg + Ca$ avec des proportions constantes). Avec 16 traitements il n'était en effet pas possible d'utiliser la programmation existante pour le calcul des essais de ce type au moyen des machines électroniques ; la séparation des traitements en deux séries, compatible avec les principes de l'essai, a permis d'éviter les frais, soit d'une nouvelle programmation, soit d'interminables calculs sur machines classiques. Les « plus petites différences significatives » sont, de ce fait, distinctes pour la série des traitements « doses » et pour la série des traitements « proportions », et vraisemblablement plus élevées qu'elles ne l'auraient été avec l'analyse statistique des 16 traitements réunis : l'interprétation a perdu de sa précision.

D'autre part, les nécessités de la mise en pages nous ont conduit à disposer et à numéroter les divers graphiques dans un ordre parfois peu logique ; nous nous sommes efforcé de nous en tenir aux moindres inconvénients. L'essentiel du présent article résidera dans un examen de ces figures, afin d'en dégager des constatations ou des hypothèses qui seront confrontées, dans l'article suivant, avec les résultats des analyses de sol et avec les observations sur la croissance et la récolte ; il ne nous restera plus alors qu'à tirer les conclusions finales de cette étude.

(*) Cf. Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas en Guinée. P. Martin-Prével et Coll. — I. Plan et déroulement de l'étude. *Fruits*, vol. 16, n° 2, févr. 1961, p. 49-56. — II. Influence sur le rendement commercialisable. *Fruits*, vol. 16, n° 3, mars 1961, p. 113-121. — III. Influence sur la qualité du fruit. *Fruits*, vol. 16, n° 4, avril 1961, p. 161-180. — IV. Étude de la croissance foliaire. *Fruits*, vol. 16, n° 7, juillet 1961, p. 341-351.

I. L'AZOTE ET LE PHOSPHORE (*)

Parmi les cinq éléments que nous avons déterminés, l'azote et le phosphore sont les deux seuls à ne pas avoir été introduits à des doses différentes entre les divers traitements. On ne sera donc pas surpris de prime abord en voyant les courbes former des faisceaux serrés, ne laissant qu'exceptionnellement apparaître des différences entre les traitements.

AZOTE

La seule tendance positive que l'on puisse observer se situe au 5^e prélèvement, au moment où les teneurs en azote atteignent leur maximum sous l'effet de la première application d'engrais. Au test de F, la valeur calculée est ici assez inférieure à celle du seuil de signification de 5 % dans la série « proportions » ; et proche de ce seuil dans la série « doses » (dans ce dernier cas nous représentons la « plus petite différence significative », d'après le test de *t*, en pointillé). Les teneurs des feuilles se classent alors pour l'ensemble dans l'ordre des quantités de potasse appliquées aux plants. Ce prélèvement coïncide avec l'effet le plus marqué de la première application de potasse sur les teneurs en potassium (cf. fig. 44-45-46 a) et il pourrait s'agir d'une absorption d'azote accrue sous l'effet d'une stimulation de l'activité des plants par le potassium absorbé. Ce résultat serait intéressant s'il bénéficiait d'une probabilité statistique suffisante.

L'absence de tout effet dépressif des traitements sur la teneur en azote de la partie basale des feuilles D aux prélèvements suivants est en fait surprenante, si on considère en même temps la croissance foliaire (cf. fig. 36-37-38 c, dans l'article précédent). Aux prélèvements 8 et 15 les feuilles « D » de certains traitements avaient un poids de 25, 30 et même 40 % plus élevé que celui des feuilles « D » du témoin ; et nous avons pu observer sur le terrain qu'elles étaient beaucoup moins vertes, tout au moins dans les derniers mois avant le traitement de floraison (2), ce qui devrait correspondre à une teneur en azote plus faible dans le limbe. Aux îles Hawaï, pour l'emploi courant de l'analyse foliaire dans les plantations, la détermination de l'azote a été remplacée par celle de la coloration verte (5) : appréciation visuelle beaucoup plus rapide, qui suppose toutefois exclue, comme ici, la

possibilité d'une déficience en fer. Il y a ici opposition entre l'aspect et le poids des feuilles « D » d'une part, et la teneur en azote total de l'échantillon analysé d'autre part, lors des derniers prélèvements. Dans un essai précédent (1), analysant cette fois les feuilles « D » en entier, nous n'y avons pas observé non plus de diminution de teneur en azote lorsqu'une forte dose de potasse provoquait un accroissement supplémentaire de leur poids, dans le cas de la première application d'engrais : au début donc, l'absorption de l'azote « suivait » le développement végétatif déclenché par la potasse ; mais à la suite de la deuxième application d'engrais, l'azote n'arrivait plus à « suivre » le développement foliaire provoqué par la potasse et son taux dans la feuille descendait.

Il semblerait donc que, au moins dans cette phase terminale, la teneur en azote de la partie basale blanche de la feuille « D » ne soit pas un bon indicateur des besoins de l'ananas en cet élément.

PHOSPHORE

Les seules différences significatives se situent au prélèvement n° 4, dans la série « proportions » seulement, et sont de faible importance. L'ordre de classement des 12 traitements y correspond en gros à celui des doses de magnésium appliquées.

Au dernier prélèvement, n° 15, il n'y a pas de différences significatives mais la teneur en phosphore du témoin apparaît plus élevée que celle de tous les traitements avec engrais K-Mg-Ca. L'effet de dilution d'une même dose de phosphore dans des feuilles rendues plus lourdes par ces engrais, effet dont nous n'avons pu déceler l'équivalent chez l'azote, tendrait ainsi à se manifester à ce stade et à ce stade seulement ; encore y est-il douteux.

Donc, dans la mesure où l'échantillon basal de la feuille « D » traduit bien l'absorption du phosphore par la plante, celle-ci a « suivi » le supplément de croissance foliaire occasionné par les divers traitements, pendant presque toute la vie végétative de l'ananas ; il est possible, sans plus, qu'il n'en ait pas été de même pendant les deux derniers mois de la croissance végétative. Ce résultat est plus normal pour le phosphore que pour l'azote ; on sait que les besoins en phosphore de l'ananas sont minimes, et qu'habituellement il utilise dans une faible proportion les phosphates ap-

(*) Cf. fig. 41-42-43, a et b.

portés par les engrais. Dans l'essai auquel nous faisons allusion ci-dessus (1), le surcroît de développement végétatif provoqué par une forte dose de

potasse n'avait pas exercé non plus d'action négative significative sur la teneur en phosphore des feuilles « D » entières.

II. LE POTASSIUM

1° Effets des traitements 1 à 12 sur la teneur en K (*).

a) *Avant les apports de potasse.* — Après une chute beaucoup plus accusée que celle des autres éléments, pendant la période où le rejet nouvellement planté vit surtout sur ses réserves, les teneurs en potassium des traitements 1 à 12 atteignent au prélèvement n° 3 un minimum légèrement inférieur à celui du témoin. Nous ne pouvons dire si cette infériorité est significative puisque le témoin ne faisait pas partie de la même série pour l'analyse statistique ; mais elle est normale, puisque le calcium et le magnésium, antagonistes habituels du potassium, ont été appliqués avant la plantation.

b) *Après la première application d'engrais N-P-K.* — L'absorption est immédiate et les différences entre traitements atteignent leur maximum dès le prélèvement n° 5. Si l'on se reporte aux graphiques de l'article précédent, c'est précisément à partir de cette date que les courbes de poids des feuilles « D » successives divergent ; de toute évidence, il y a là une réaction de croissance provoquée par les concentrations accrues en potassium ; par la suite, les nouvelles feuilles « D » étant d'autant plus lourdes que le potassium est plus abondant, les différences de teneurs s'atténuent. Mais les teneurs en potassium au prélèvement n° 5 sont jusqu'à 2,2 fois plus élevées que celles du témoin, tandis que le poids des feuilles « D » ne parvient pas à dépasser 1,3 fois celui du témoin : la réaction de croissance n'est pas proportionnelle à la teneur des tissus en potassium et celle-ci demeure supérieure au témoin comme on peut le constater sur les courbes entre le prélèvement n° 5 et le minimum de fin de saison sèche (nos 11-12). Par contre, les augmentations de teneur en K sont proportionnelles aux doses reçues. Si l'on calcule, au prélèvement n° 5, les différences entre les 12 traitements et le témoin en fonction de la dose de potasse appliquée, en prenant pour référence la moyenne des trois traitements 1-4-2 (dose reçue à cette première application d'engrais :

1/3 de 0,50 éq. g ; teneur en potassium supplémentaire dans l'échantillon analysé : 1,39 %) on obtient le tableau suivant :

Traitement 16 (témoin) : K = 1,55 %. Plus petite différence significative (5 %) = 0,39 pour les traitements 1 à 12 et 0,27 pour le groupe 12 à 16.

DOSE DE K REÇUE (éq-g)	N° DES TRAITEMENTS	DIFFÉRENCES AVEC LE TÉMOIN (K%)	
		Observées	Calculées
1/3 × 0,350	7	+ 1,89	+ 1,95 (+ 1,39 par hypothèse)
	1	+ 1,33	
1/3 × 0,250	4	+ 1,41	+ 1,18
	2	+ 1,43	
1/3 × 0,212	10	+ 1,34	+ 0,70
	12	+ 1,34	
1/3 × 0,125	5	+ 0,76	+ 0,59
	6	+ 0,66	
1/3 × 0,075	8	+ 0,17	0
	11	+ 0,61	
0	9	+ 0,38	
	3	- 0,28	

La concordance est parfaite, compte tenu de la précision statistique obtenue, sauf pour les traitements 8, 3 et 9 (encore les écarts ne sont-ils pas significatifs pour ces deux derniers). Ce sont les trois traitements les plus déséquilibrés par rapport au potassium : le 3 est le seul sans potasse et a donc reçu la plus forte dose de Ca + Mg ; le 8 et le 9 ont respectivement reçu les plus fortes doses de magnésium et de calcium (Cf. Rappel de la signification des numéros des traitements, au début de la figure 47). En réalité, ils sont seulement en retard et ils rejoignent leurs homologues aux prélèvements 7 ou 8. Dans la mesure où ce retard existe bien, c'est-à-dire avec des réserves pour les nos 3 et 9, il faut y voir un effet prolongé des antagonismes présents au 3^e prélèvement.

(*) Cf. fig. 44-45.

c) *Après la deuxième application d'engrais.* — Toutes les teneurs en potassium, et les différences avec le témoin, accusent une remontée brutale. Les plants ont reçu cette fois les 2/3 de leur dose totale de potasse, contre 1/3 lors de la première application d'engrais ; mais comme ils avaient un développement végétatif beaucoup plus important, les augmentations de teneur en K par rapport au témoin sont du même ordre de grandeur que précédemment. La *proportionnalité entre la dose de potasse reçue et l'augmentation de teneur* en potassium des tissus se vérifie cette fois encore, avec trois exceptions :

— le traitement n° 7 manifeste un léger retard, ne pouvant assimiler en un mois ses 11 g de K_2O ,

— une différence significative, mais à peine au-dessus du seuil 5 % et sans doute fortuite, car on n'en voit pas l'explication, se manifeste entre les traitements 5 et 6 au 13^e prélèvement,

— le traitement 3 se montre inférieur au témoin ; cette différence semble significative, dans la mesure où elle peut l'être puisque le témoin ne faisait pas partie de la même série statistique, au 15^e prélèvement. Un effet résiduel d'antagonisme, de la part du calcium et du magnésium appliqués au début de l'essai, sur la teneur en potassium, apparaît ainsi possible 15 mois plus tard en l'absence d'apports de potasse et dans ce cas seulement.

Tout comme à la suite de la première application d'engrais, les hausses de teneur en potassium déclenchent une réaction de croissance, accompagnée d'une nouvelle baisse de teneur, qui ne seront pas terminées lorsque le traitement de floraison viendra interrompre la série des prélèvements foliaires.

2° Effets des traitements 12 à 16 sur la teneur en K (*).

a) *Jusqu'à la première application d'engrais N-P-K.*

— Dans cette série « doses », la tendance du calcium et du magnésium appliqués avant la plantation à faire baisser la teneur en potassium au prélèvement n° 3 n'est pas davantage significative que dans la série « proportions ». Mais au prélèvement n° 4, lorsque les teneurs remontent à la suite de la première demi-application d'engrais, on observe un décalage dont la cause ne peut être mise en doute. L'ordre des doses de potasse reçues, comme celui des doses de chaux et magnésie, est, rappelons-le : 16 (= témoin) — 15 — 12 — 14 — 13 (doses en progression arithmétique) ; l'effet antagoniste du calcium et du magnésium sur le

potassium se manifeste au prélèvement n° 4 pour les doses les plus élevées :

— le n° 12 est significativement supérieur au témoin,

— mais le n° 14 ne l'est pas,

— et le n° 13, significativement inférieur aux n°s 12 et 14, n'atteint même pas la teneur en K du témoin.

b) *Après la première application d'engrais.* — Après la période initiale d'appauvrissement en potassium, le témoin marque un bref palier (une remontée pas tout à fait significative) au moment où il reçoit son engrais N-P. A ce moment, ses racines sont formées ; en même temps, la saison des pluies s'achevant, l'excès d'humidité se résorbe (prélèvements 3 et 4 ; les données climatiques ont été résumées dans la figure 39 de l'article précédent) : le plan puise du potassium dans le sol. Mais l'azote déclenche une poussée de croissance foliaire ; la teneur en K du témoin se remet à décroître et la sécheresse qui s'installe ensuite lui interdit de remonter.

Comme dans la série « proportions », on observe dans la série « doses » des différences maxima avec le témoin au 5^e prélèvement. Mais le traitement 13 y conserve une part de son retard et ne parvient pas à dépasser le 14 ; la proportionnalité entre la dose de potasse reçue et la teneur en K ne s'établit pour ce traitement 13 qu'aux prélèvements suivants, pendant la période où cette teneur diminue tandis que le poids des feuilles « D » augmente.

c) *Après la deuxième application d'engrais.* — La teneur en K remonte sensiblement chez le témoin sans potasse, du 12^e au 13^e prélèvement ; le potassium du sol est mieux absorbé, soit que les premières pluies le rendent plus assimilable, soit que la capacité des racines vis-à-vis de cet élément se trouve améliorée, par suite de la reprise de végétation qui accompagne le retour des pluies ou par un effet synergique de l'engrais N-P. Dans notre étude précédente (1) nous n'avions pas observé de hausse du taux de potassium dans les feuilles « D » entières du témoin à la reprise des pluies, mais il s'agissait d'un témoin sans engrais d'aucune sorte. Nous penchons donc plutôt, dans le cas présent, pour une synergie de l'azote et du phosphore administrés sur l'absorption du potassium. Malgré cette remontée, c'est à partir du 12^e prélèvement que nous avons observé des symptômes foliaires en relation avec la carence potassique (2).

Les différences des traitements 15, 12 et 14 avec le témoin, à la suite de la deuxième application d'engrais N-P-K, sont encore une fois proportionnelles aux doses de potasse ; mais le n° 13, qui reçoit 13 g

(*) Cf. fig. 46 a.

de K_2O d'un coup, marque un retard à l'instar du n° 7 et ne se distingue pas tout de suite du n° 14. L'observation des feuilles « D », on s'en souvient (art. précédent, p. 344), montrait que le *seuil de toxicité* de la potasse était atteint pour le traitement n° 13 à ce moment : compte tenu du volume alors atteint par les plants, 11 g de K_2O sont bien tolérés, mais 13 g constituent une dose excessive. L'analyse des échantillons hawaïens aux prélèvements 13 et 15 ne permet pas d'y fixer *une valeur limite* pour le taux de potassium, puisque le chiffre le plus élevé qui ait été obtenu, 3,7 %, est à la fois celui du traitement montrant un début de toxicité, le n° 13, est celui du plus proche de l'optimum potassique, le n° 14. Le seuil de toxicité semble plutôt indiqué ici par la *persistance* du taux de potassium au-dessus de 3,5 % pendant trois mois. Il se pourrait toutefois que la teneur en potassium passe par des valeurs supérieures à 3,7 % chez le traitement 13, entre les dates des prélèvements 13 et 15.

3° Évolution du rapport N/K.

Il est en général intéressant d'étudier le rapport entre les teneurs des deux éléments primordiaux de la fumure, l'azote et le potassium. Tous deux subissent des fluctuations brutales, mais avec un certain parallélisme sur lequel les courbes N/K jettent un jour complémentaire (cf. fig. 44-45-46, *d*).

Chez le témoin, une rupture d'équilibre très prononcée est provoquée par la première application d'engrais N-P ; puis le déficit du potassium par rapport à l'azote s'atténue après janvier, au cours de la saison sèche, et le plus étonnant est qu'il régresse dans une large mesure au moment de la deuxième application d'engrais N-P. La valeur 0,62 à laquelle le rapport N/K aboutit au dernier prélèvement (après être parti de 0,36 et passé par 1,51 en janvier) est toutefois encore double de celle des traitements les plus riches en potasse.

Au *prélèvement n° 3*, alors qu'il n'y a de différences significatives ni chez N ni chez K, le rapport N/K est significativement plus élevé dans les traitements 13 et 14 que chez le témoin. Certains des traitements « proportions » se trouveraient sans doute dans le même cas si le témoin avait été inclus dans leur analyse statistique : les différences qu'ils accusent entre eux sont déjà presque significatives, et tous sont supérieurs au témoin. L'effet antagoniste du calcium et du magnésium sur l'alimentation potassique, s'il n'avait pu être mis en évidence avec certitude par l'examen des teneurs en potassium, apparaît ainsi clairement.

Aux *prélèvements ultérieurs*, on note pour tous les traitements :

— Une élévation du rapport N/K pendant la saison sèche, après la première application d'engrais, et une brusque régression au moment de la reprise des pluies, après la deuxième application d'engrais ; cette évolution est conforme à la fois à celle du témoin et à la composition des deux apports d'engrais N-P-K (première application : 4 g d'azote et 1/3 de la potasse ; deuxième application : 1,5 g d'azote et 2/3 de la potasse).

— Une certaine stabilité de ce rapport entre le 5^e et le 11^e prélèvement.

— Quelques différences significatives entre traitements ayant reçu la même dose de potasse. Celles entre les n°s 8 et 9-11 aux prélèvements 5, 7 et 12, entre les n°s 5 et 6 aux prélèvements 8 et 12, sont de peu d'intérêt ; elles tendraient à mettre en évidence un antagonisme un peu plus net du magnésium que du calcium sur le potassium, mais au prélèvement 13 on remarque une différence significative en sens inverse entre les n°s 6 et 5. Les différences entre le traitement n° 3 et le témoin sont plus intéressantes, car plus constantes : aux prélèvements 5 et 11 à 15 elles sont indubitables ; le calcium et le magnésium appliqués au début de l'essai exercent jusqu'à la fin un effet antagoniste sur l'absorption du potassium comparée à celle de l'azote.

III. LE CALCIUM

1° Évolution du témoin (*).

Après la reprise du jeune plant, la teneur en calcium de la base de la feuille « D » remonte au moment

de la fin des grandes pluies et de la première application d'engrais N-P, et comme la teneur en potassium elle diminue ensuite pendant la saison sèche ; mais après la deuxième application d'engrais N-P et les premières pluies, la reprise de végétation s'accompagne d'une hausse de teneur en calcium beaucoup

(*) Cf. fig. 46 *b*.

moins importante que celle du potassium. Dans l'essai précédent avec analyse des feuilles « D » entières (1), la teneur en calcium s'accroissait au contraire considérablement lors de la reprise des pluies ; l'application ici d'un engrais N-P au témoin et l'augmentation subite du taux de potassium sont sans doute responsables de cette divergence, en même temps que le changement de tissu foliaire analysé.

2° Effets des traitements 1 à 12 (*).

On constate une évolution d'ensemble analogue à celle du témoin, normale étant donné que le calcium était incorporé au sol avant la plantation, et il y a des différences significatives à tous les prélèvements. Les différences entre traitements atteignent leur maximum dès les 4^e et 5^e prélèvements, et s'amenuisent quelque peu ensuite ; en même temps, les traitements les plus pauvres en calcium (qui sont aussi les plus riches en K + Mg) rejoignent le témoin et lui sont même parfois inférieurs. L'ordre décroissant des doses de calcium est :

traitement	9	=	0,350	éq-g.	par	plant
—	2,6,3	=	0,250	—	—	—
—	12,11	=	0,212	—	—	—
—	4,5	=	0,125	—	—	—
—	7,10,8	=	0,075	—	—	—
—	1	=	0	—	—	—

On retrouve cet ordre dans les teneurs en calcium dès le 3^e prélèvement et jusqu'à la fin, si l'on ne regarde que le classement de ces *groupes de traitements* les uns par rapport aux autres. Mais si l'on examine les traitements un par un on constate parfois des chevauchements entre membres de groupes voisins et des différences significatives au sein d'un même groupe. Aux doses de calcium inférieures à 0,2 équivalent-gramme la différence entre les traitements 8 et 10 au 3^e prélèvement (la seule significative) représente un cas isolé sans intérêt ; mais on remarque que c'est toujours le traitement le plus riche en potassium (7 et 4 respectivement) qui a la plus faible teneur en calcium, à partir du moment où les engrais potassiques ont fait effet. Au niveau 0,212 éq-g de calcium, le traitement 11 est supérieur au 12, significativement pour les 8^e et 15^e prélèvements. Au niveau 0,250 éq-g de calcium, le traitement 3 est significativement supérieur aux deux autres du 7^e prélèvement à la fin ; il passe même au-dessus du n° 9 (différence presque significative au 7^e prélèvement, significative au 13^e). *L'an-*

tagonisme du potassium vis-à-vis de l'absorption du calcium est donc beaucoup plus prononcé que l'antagonisme éventuel du magnésium ; ce dernier ne peut être directement mis en évidence dans la série « proportions ».

3° Effets des traitements 12 à 16 (*).

L'antagonisme magnésium-calcium ne peut être décelé dans la série « doses » non plus, car

— les trois éléments figurent dans les cinq traitements à des niveaux croissant parallèlement,

— la part du magnésium y est faible (15 %, contre 42,5 % pour Ca et pour K),

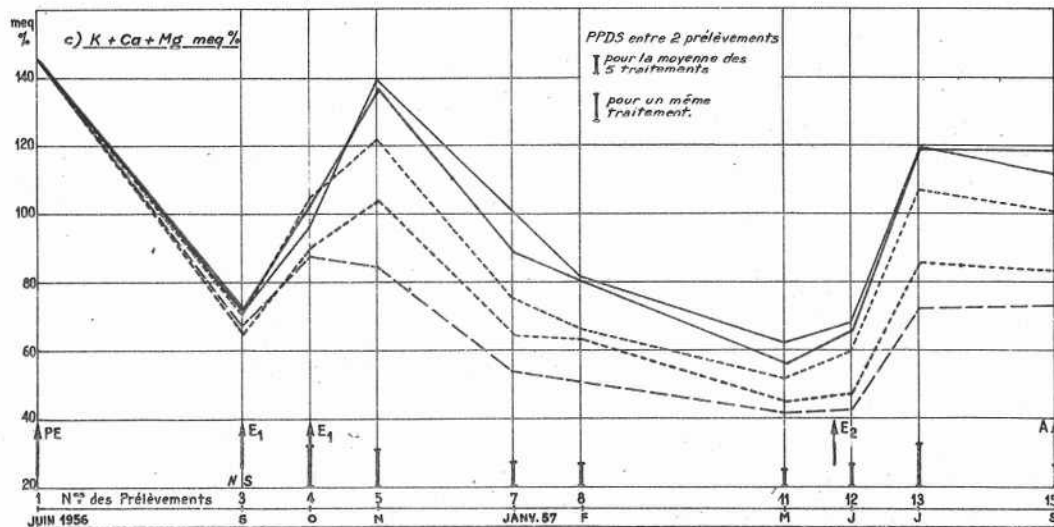
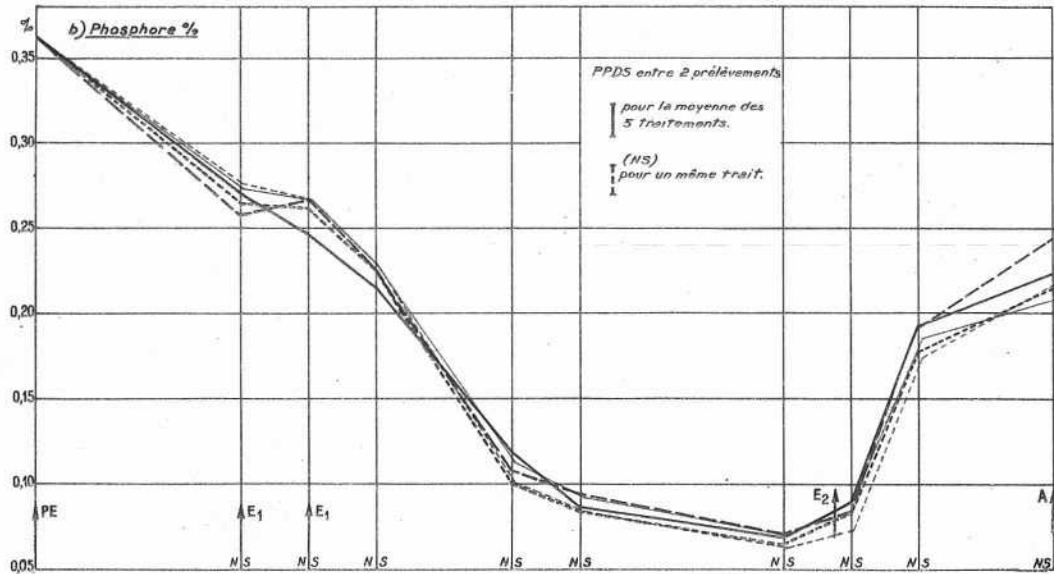
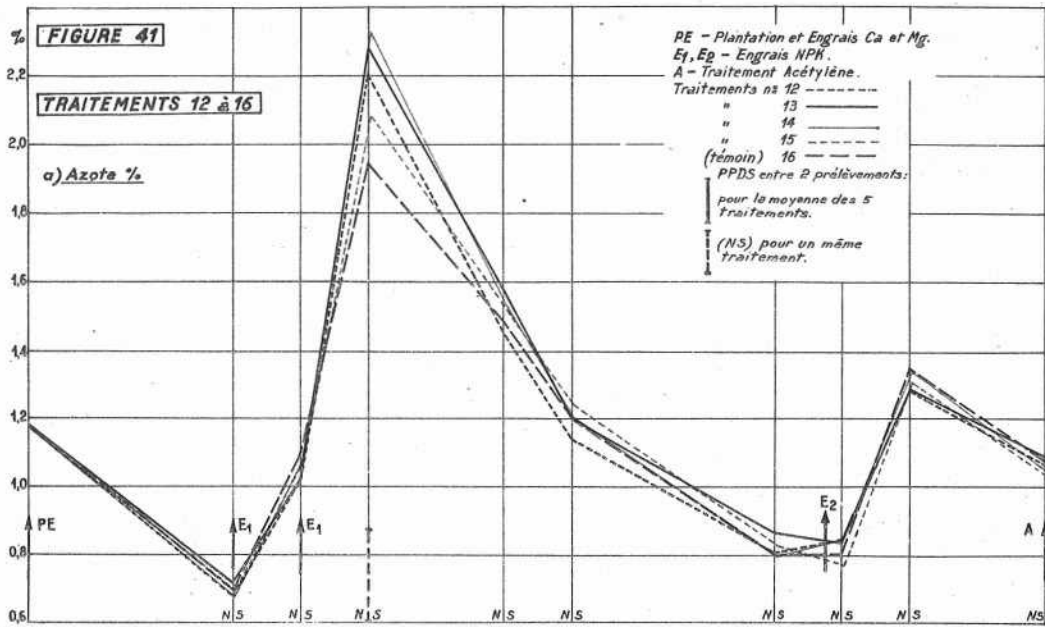
— le magnésium et le calcium ont été apportés ensemble, avant la plantation (comme dans la série « proportions »).

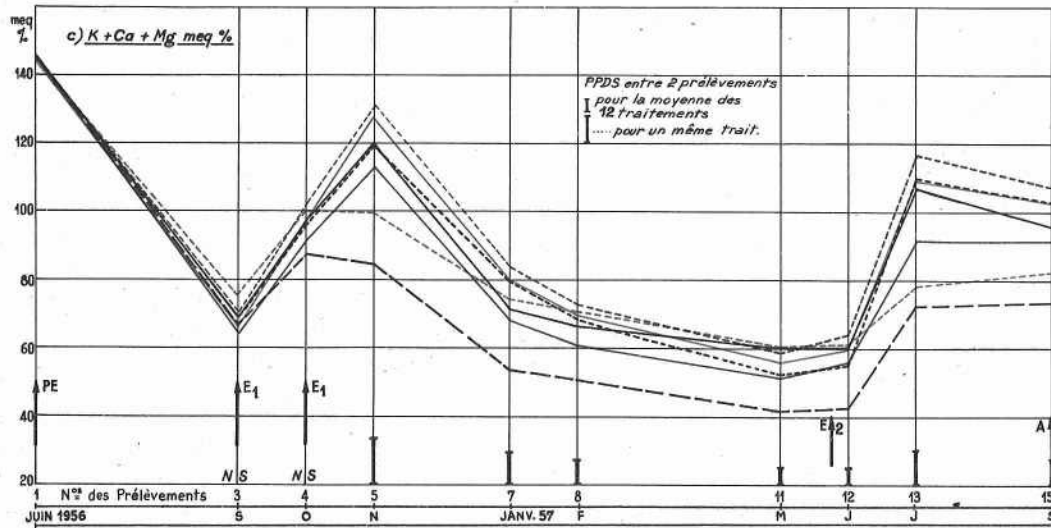
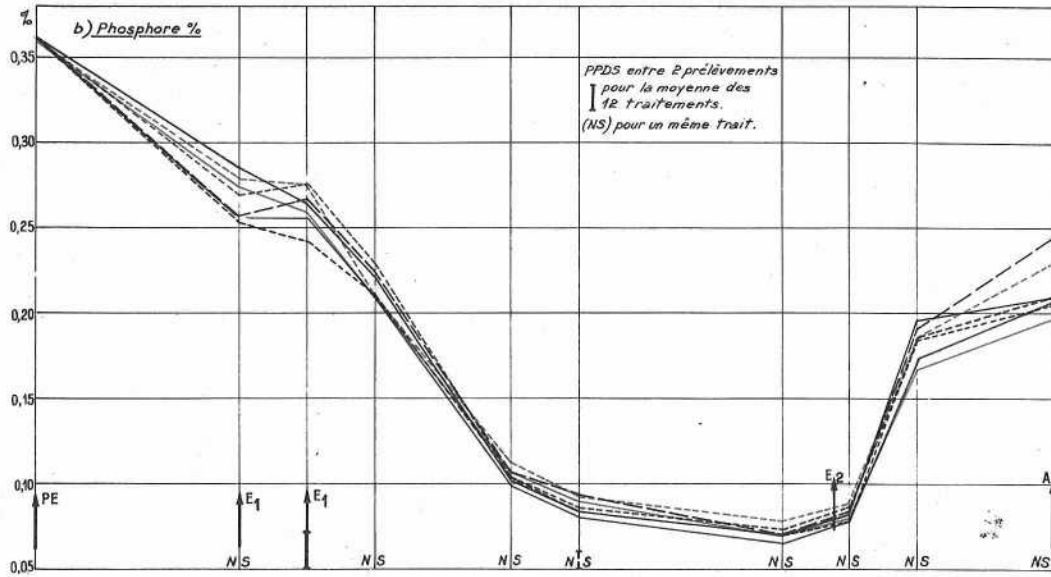
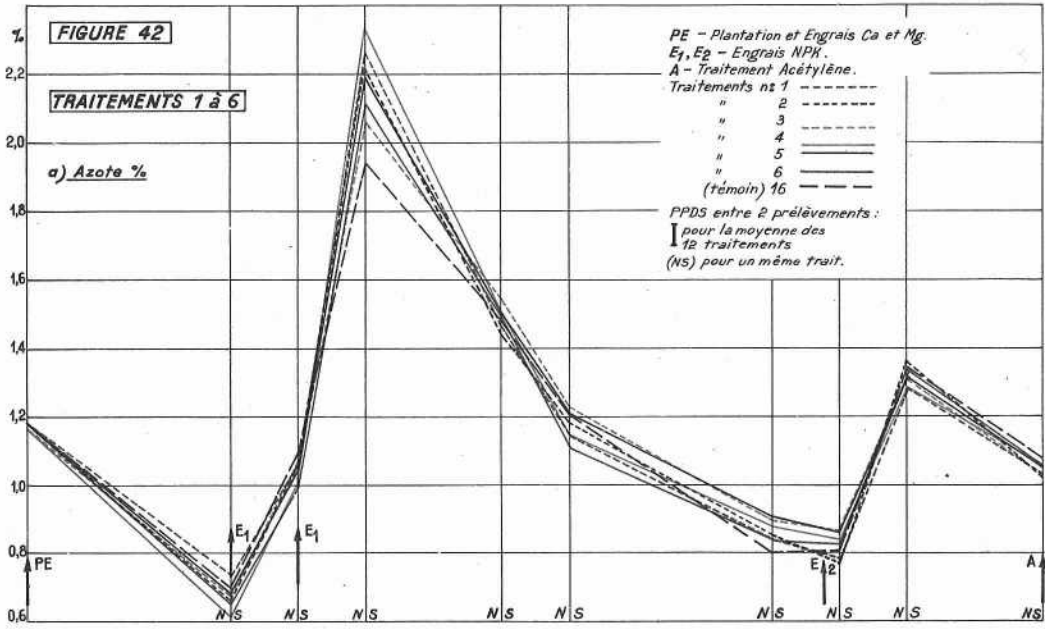
L'antagonisme potassium-calcium, lui, est visible grâce au décalage des dates d'application des engrais, et il se manifeste avec vigueur. Dès que les teneurs en K ont atteint leur maximum, les différences de teneurs en calcium que l'on observe aux prélèvements 3 et 4 disparaissent ; leur timide réapparition à la fin de la saison sèche est à nouveau jugulée par la deuxième application d'engrais N-P-K. Alors que le calcium entrave à peine l'absorption du potassium, ce dernier parvient à annuler les effets, sur la teneur en Ca de la partie basale de la feuille « D », d'une quantité chimiquement équivalente de calcium (effets peut-être déjà faiblement atténués par le magnésium). Cette grande efficacité de l'antagonisme potassium-calcium tient sans doute pour une part au « favoritisme » dont bénéficie l'engrais potassique par rapport aux engrais calciques et magnésiens, en étant apporté aux feuilles des plants en cours de végétation et non pas au sol avant la plantation.

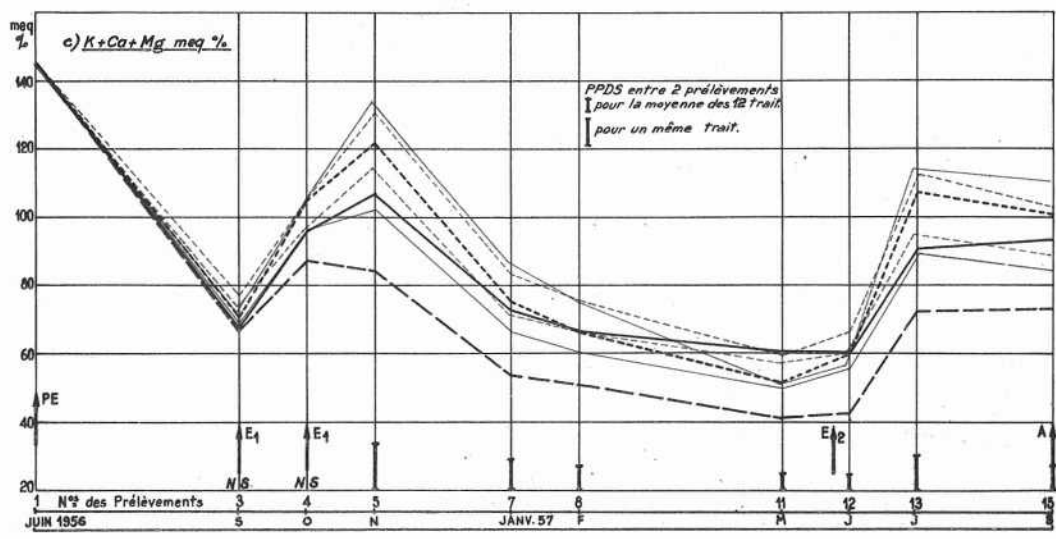
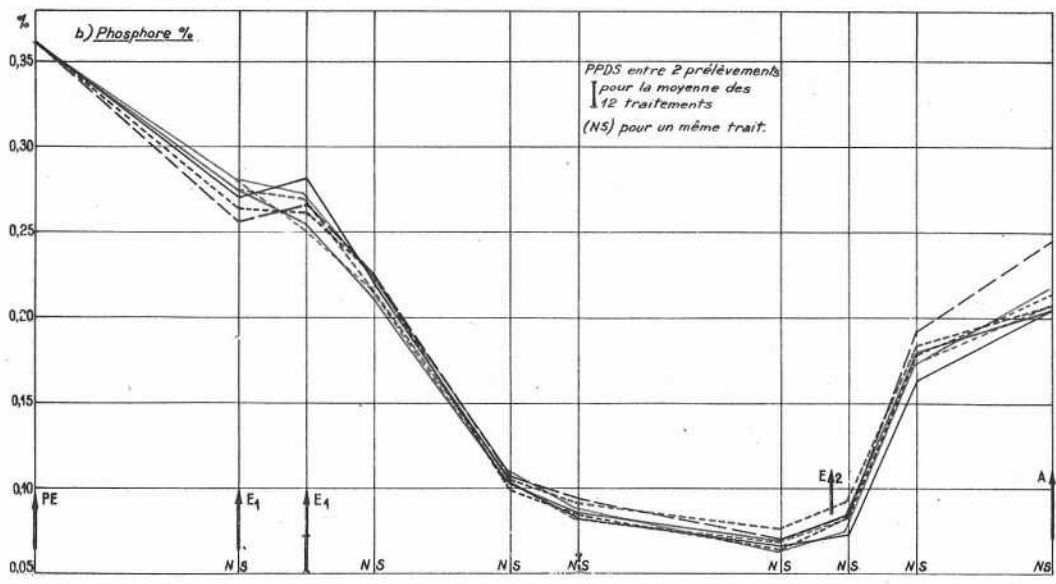
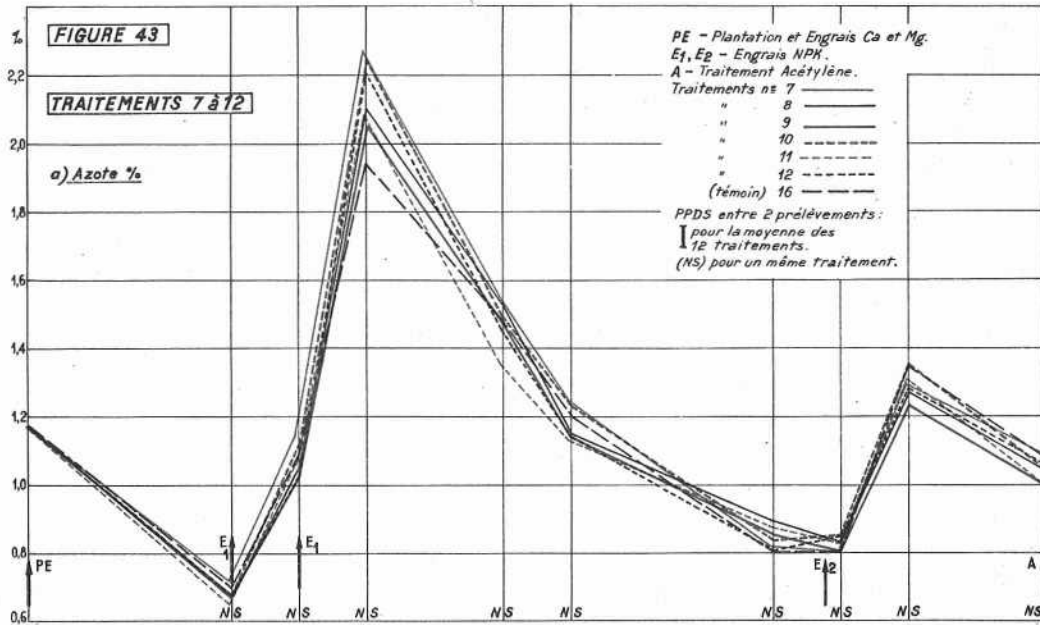
La comparaison de la série « doses » avec la série « proportions » renforce ces constatations. Le traitement 9, avec 0,075 éq-g de K et de Mg contre 0,350 éq-g de Ca, comportait un peu moins de calcium que le traitement 13 (0,425 éq-g de Ca et de K, 0,150 éq-g de Mg) : il a pourtant dès le 4^e prélèvement une teneur en calcium plus élevée que le 13, grâce à sa faible dose de potassium, et la différence peut être considérée à coup sûr comme significative du 5^e au dernier prélèvement. Par contre la dose de calcium élevée du traitement 13 n'était jamais parvenue à abaisser la teneur en potassium dans ce traitement au-dessous de celle

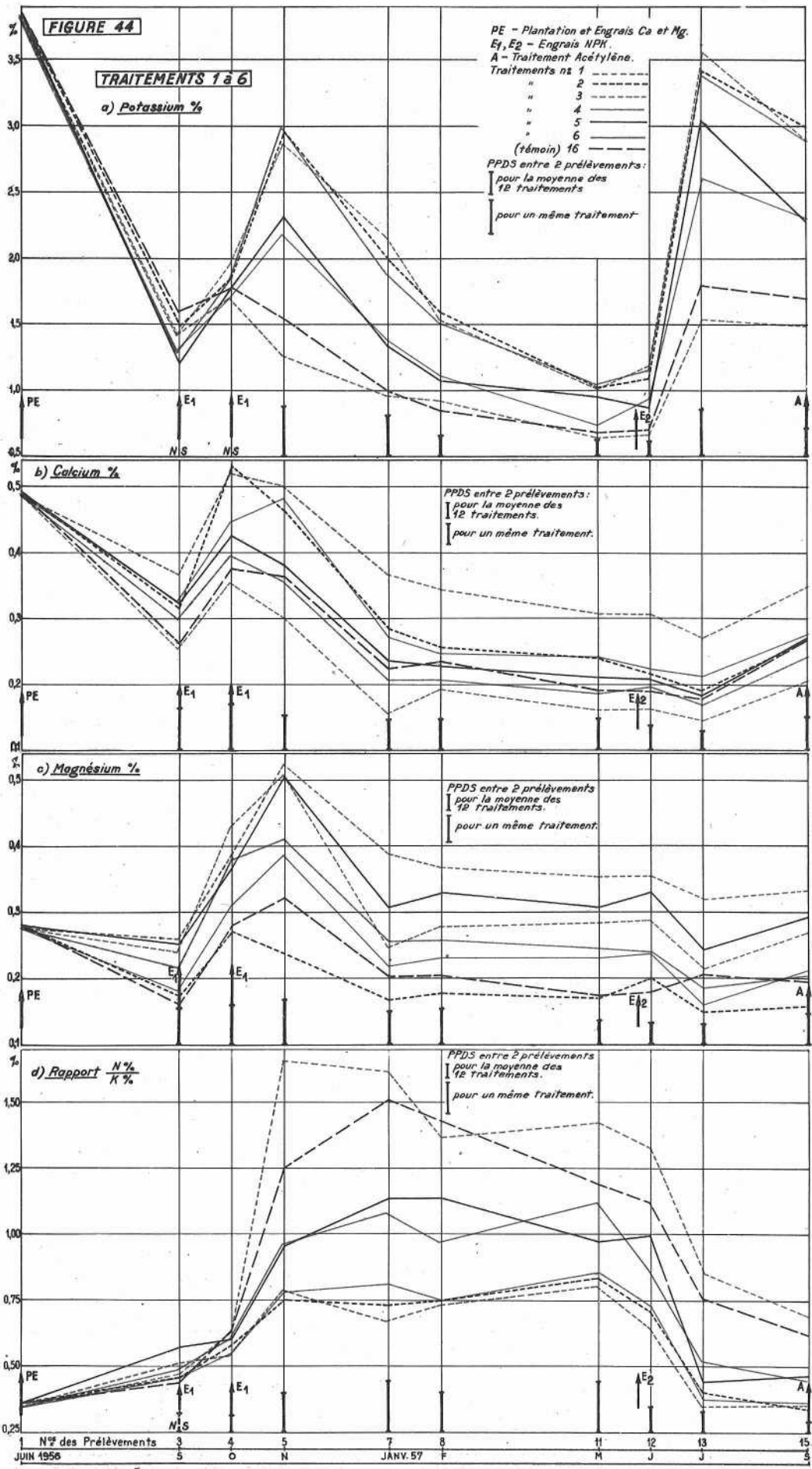
(*) Cf. fig. 44-45, b.

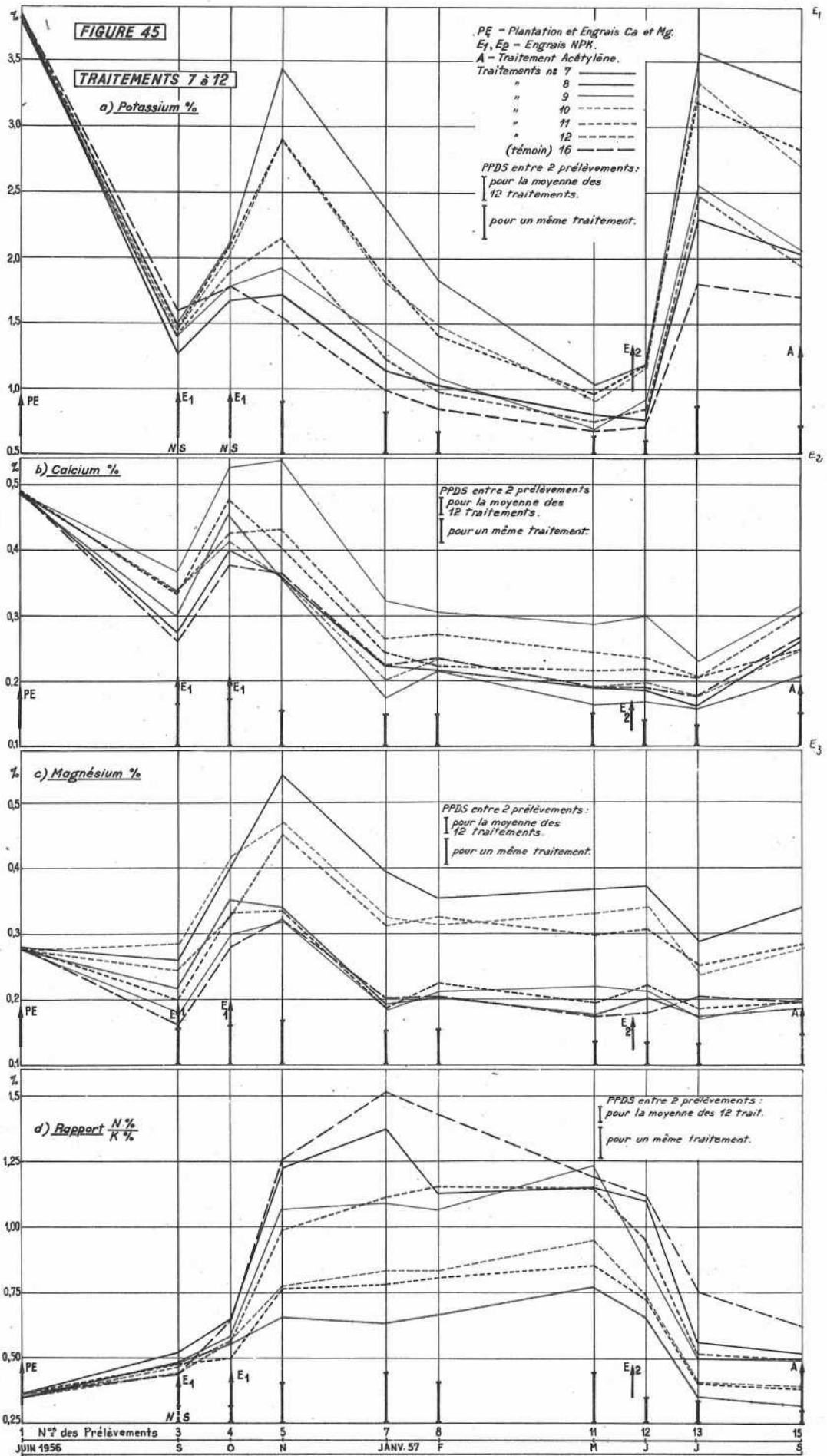
(*) Cf. fig. 46 b.

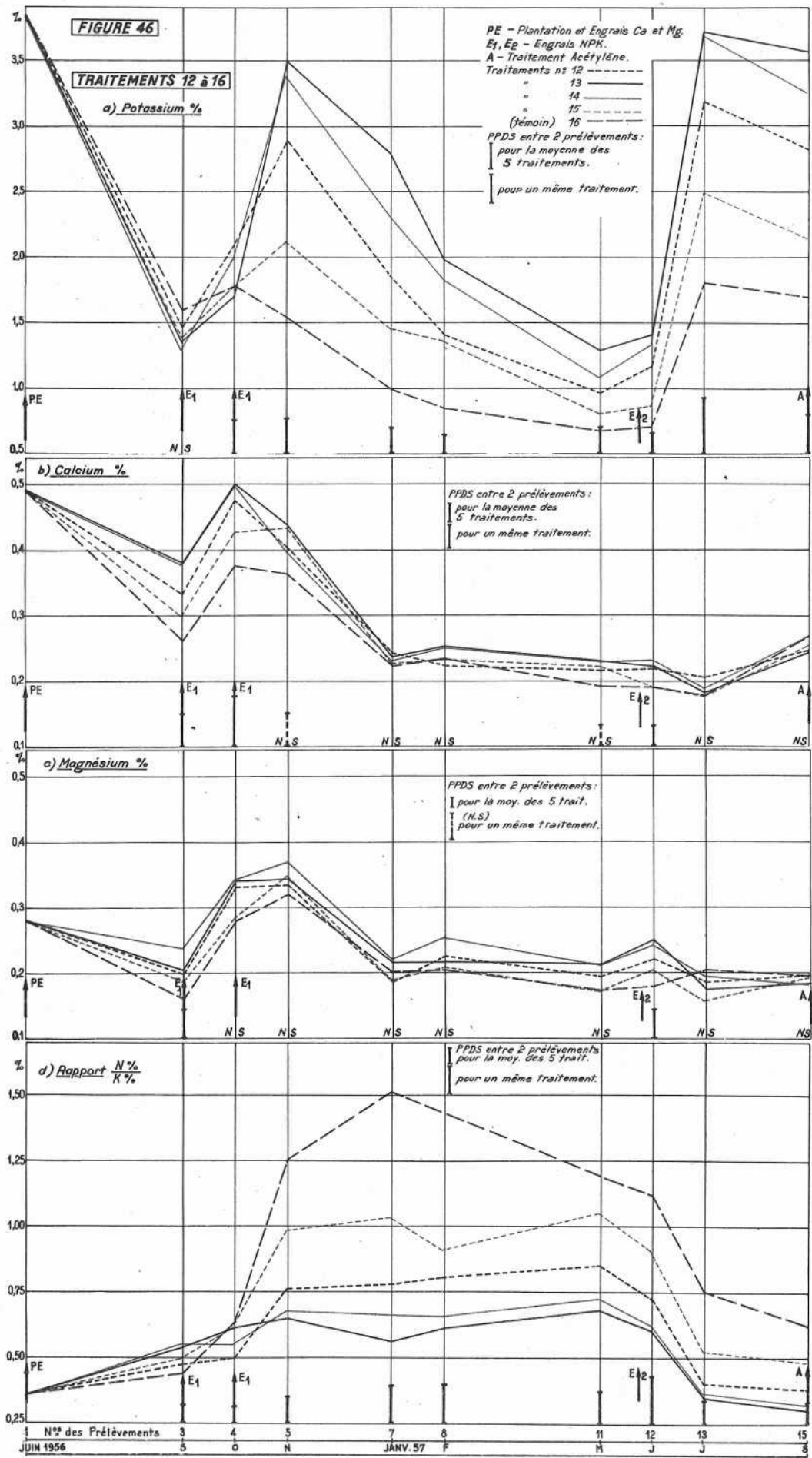




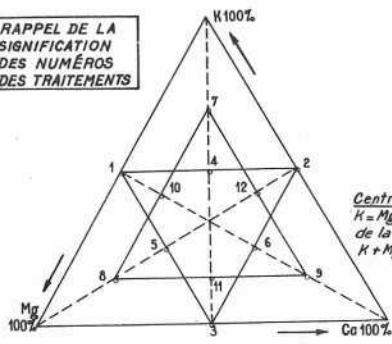








RAPPEL DE LA SIGNIFICATION DES NUMÉROS DES TRAITEMENTS



Centre du triangle
 $K = Mg = Ca = 33,3\%$
 de la somme
 $K + Mg + Ca$.

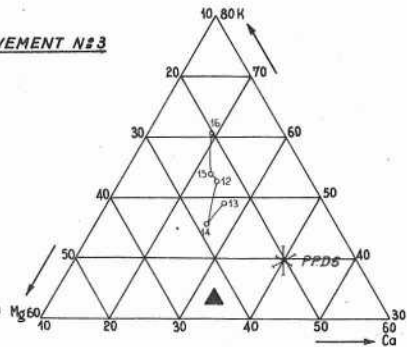
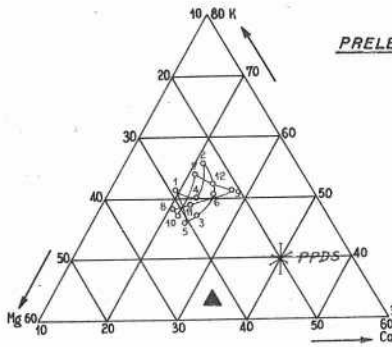
Point figuratif du
 prélèvement n°1:
 $K = 67,5\%$
 $Mg = 15,7\%$
 $Ca = 16,8\%$
 de la somme:
 $K + Mg + Ca$.

FIGURE 47

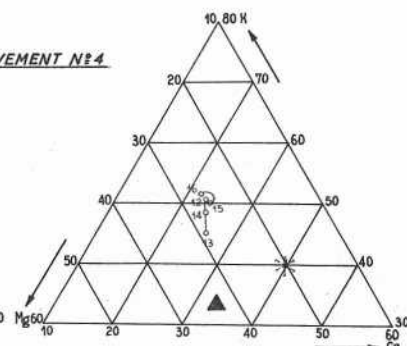
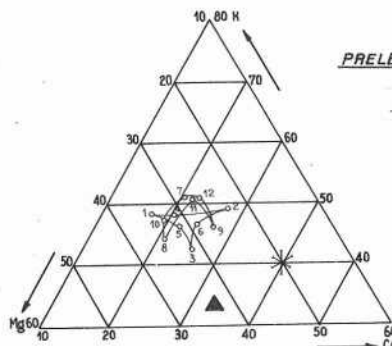
PRELEVEMENT N°1
 K, Mg et $Ca\%$
 de
 $K + Mg + Ca$
 dans la feuille

Portion du triangle
 conservée pour la
 représentation
 des prélèvements
 3 à 15.

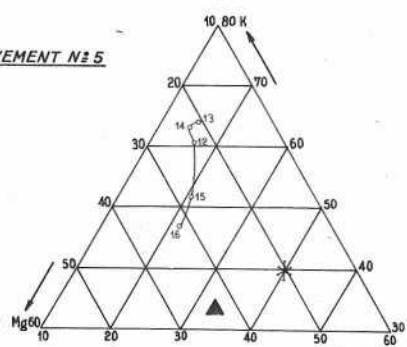
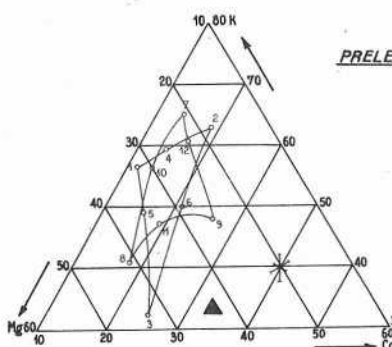
PRELEVEMENT N°3



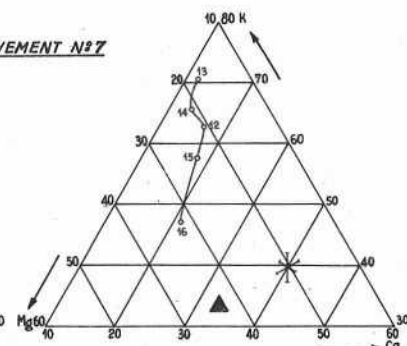
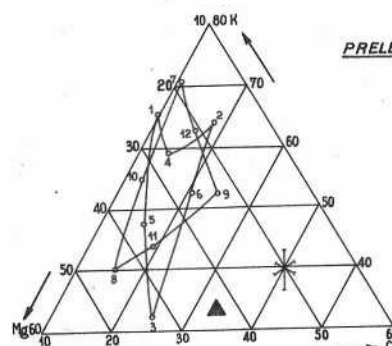
PRELEVEMENT N°4

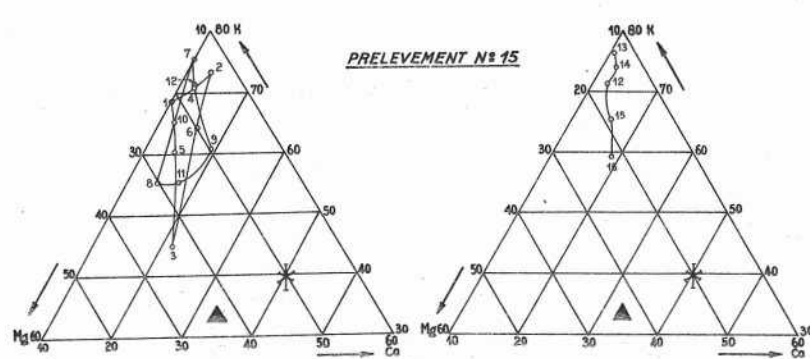
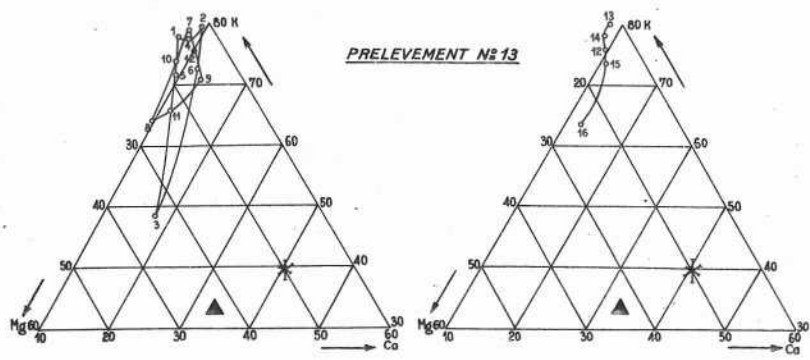
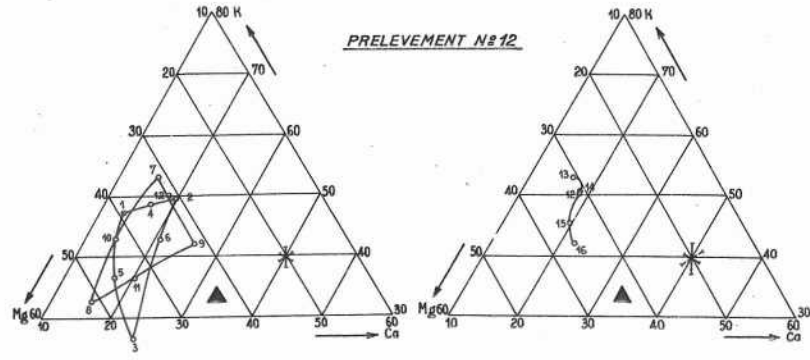
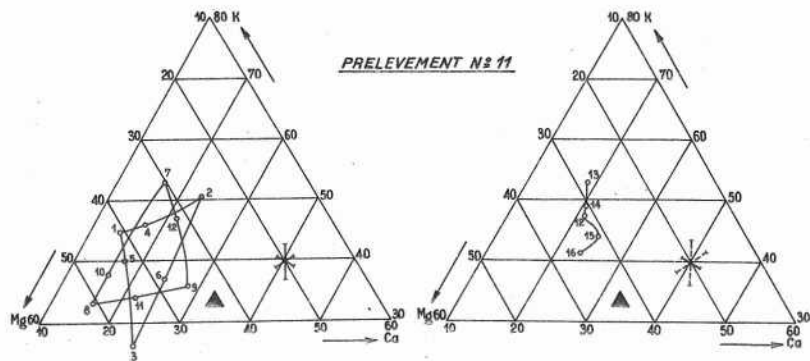
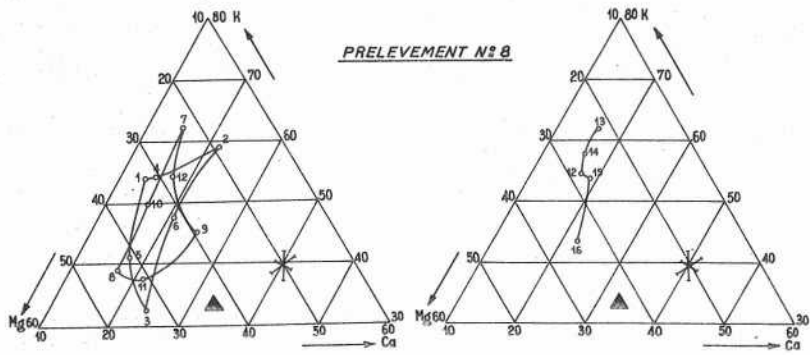


PRELEVEMENT N°5



PRELEVEMENT N°7





du traitement 7 (qui est au potassium ce que le 9 est au calcium).

De même le traitement 1 (pas de calcium, mais 0,25 éq-g de K et de Mg) passe au-dessous du témoin dès le 4^e prélèvement et la différence devrait être significative aux prélèvements 5, 7 et 15. Au prélèvement 3, avant les apports d'engrais N-P-K, le traitement 1 ne se distingue pas du témoin pour la teneur en calcium : le possible antagonisme magnésium-calcium ne se manifeste pas. Mais à vrai dire il n'en a peut être pas la possibilité, car nous ne savons pas si les plants des traitements 1 et 3 absorbent ou non du calcium du sol pendant cette période (la teneur en Ca diminue chez eux plus que chez tous les autres traitements) : pour qu'un antagonisme se fasse sentir, son objet, c'est-à-dire l'absorption de l'autre ion, doit exister.

Des indices contradictoires quant à l'antagonisme magnésium-calcium surgissent de la comparaison entre la

série « doses » et les trois autres traitements symétriques en K et Ca (traitements 8, 5 et 2). Si l'effet d'annulation des différences avec le témoin, pour les teneurs en calcium dans la série « doses », est le fait du seul potassium, on doit observer le même phénomène et à la même vitesse dans tous les traitements comportant des quantités de potassium et de calcium égales entre elles ; or le traitement 2 tarde davantage à rejoindre le témoin. Mais si cet effet n'est pas seulement celui du potassium, les traitements 5 et 8 avec respectivement 0,25 et 0,35 éq-g de magnésium devraient, au moins par moments, passer en dessous du témoin : or ce n'est jamais le cas. En fin de compte, le degré de précision statistique obtenu dans la détermination des teneurs en calcium, joint à l'absence de combinaisons d'engrais destinées à l'étude particulière de l'antagonisme magnésium-calcium, ne permet pas de mettre celui-ci en évidence ni d'infirmier son existence.

IV. LE MAGNÉSIUM

1^o Évolution du témoin (*).

Elle est très semblable à celle que nous avons observée pour le calcium, un peu moins descendante toutefois dans son ensemble ; la teneur en Mg après la fin de l'hivernage remonte même à un niveau supérieur à son point de départ (prélèvement n° 5). La légère hausse finale du calcium, entre les prélèvements 13 et 15, ne se retrouve pas chez le magnésium, mais le niveau antérieur au prélèvement 13 y est moins bas. Si l'on exprime les teneurs en Ca et Mg du témoin en milliéquivalents pour cent grammes de matière sèche afin de mieux les comparer, on voit que Ca part de 25 méq % au 1^{er} prélèvement pour aboutir à 13 méq % au 15^e prélèvement, alors que Mg part de 23 méq % pour aboutir à 16 méq %. Des trois éléments cationiques, le magnésium est celui dont la plante s'appauvrit le moins en l'absence d'apports de cations extérieurs, d'après l'analyse de l'échantillon basal de la feuille « D ».

2^o Effets des traitements 12 à 16.

Eu égard à la faible part du magnésium dans cette série et aux antagonismes K-Mg et Ca-Mg auxquels on peut s'attendre, l'absence de différences significatives à presque tous les prélèvements n'a rien de sur-

prenant. C'est seulement avant l'effet des deux applications d'engrais N-P-K, aux 3^e et 12^e prélèvements, que des différences significatives se manifestent en faveur des traitements 14 dans un cas, 13 et 14 dans l'autre ; leur disparition ensuite démontre l'existence d'un antagonisme potassium-magnésium. Mais comme aucun des traitements ne passe jamais significativement au-dessous du témoin, il apparaît que les antagonismes vis-à-vis du magnésium sont peu virulents.

Cette évolution diffère complètement de celle que nous avons observée précédemment dans l'analyse de feuilles « D » entières (1), caractérisée par un accroissement continu de teneur en magnésium, après la baisse initiale, chez le témoin (mais témoin sans N ni P non plus).

3^o Effets des traitements 1 à 12 (*).

Chez les traitements « proportions », l'évolution de la teneur en magnésium marque un certain parallélisme avec celle du témoin : comme la teneur en calcium et pour la même raison, mais moins étroitement (voir 13^e prélèvement). Des différences significatives apparaissent immédiatement et se maintiennent jusqu'à la fin, classant les groupes de traitements dans l'ordre des doses de magnésium reçues :

(*) Cf. fig. 46, c.

(*) Cf. fig. 44-45 c.

traitement	8	= 0,350	éq-g	par	plant
—	1,5,3	= 0,250	—	—	—
—	10,11	= 0,212	—	—	—
—	4,6	= 0,125	—	—	—
—	7,12,9	= 0,075	—	—	—
—	2	= 0	—	—	—

Ici aussi on relève des différences significatives entre traitements d'un même groupe et des chevauchements entre groupes voisins, dus aux antagonismes. *En l'absence de magnésium*, le calcium est sans effet : comparer le traitement n° 2 et le témoin avant chaque application d'engrais potassique ; mais le potassium déprime temporairement l'absorption du magnésium (prélèvements 5 et 13).

Aux niveaux inférieurs à 0,25 éq-g de magnésium, l'antagonisme du calcium se fait sentir tout de suite après la plantation : aux prélèvements 3 et 4 les traitements 7-12-9 d'une part, 4-6 d'autre part, 10-11 enfin, se classent entre eux d'après la quantité de calcium reçue (significatif entre 4 et 6 et entre 10 et 11 au 4^e prélèvement) ; le potassium agit en deux fois, à la suite des deux applications d'engrais, et égalise finalement les valeurs des traitements de chaque groupe. Son effet antagoniste, à dose chimiquement égale, n'est donc pas plus fort que celui du calcium.

Aux niveaux égaux ou supérieurs à 0,25 éq-g de magnésium, l'antagonisme calcium-magnésium se montre peu efficace mais l'antagonisme potassium-magnésium est au contraire très net. Les traitements 1-5-3 ne se différencient les uns des autres qu'après l'effet de la première application d'engrais potassique (excepté une différence significative entre les traitements 1 et 5 au prélèvement n° 4). Au 7^e prélèvement, le traitement 1 est significativement inférieur non seulement aux traitements 3 et 5, mais aux 10 et 11 et il tombe au niveau du 4 et du 6 ; pendant ce temps le traitement 8 ne parvient pas plus qu'auparavant à dépasser le 3. Par la suite le traitement 1 restera toujours significativement inférieur au 3 et ne remontera même pas au niveau du 10 et du 11 (la différence avec le 10 ou le 11 étant encore significative aux prélèvements n°s 11, 12 et 13). La potasse de la deuxième application d'engrais diminue le taux de magnésium dans tous les traitements au 13^e prélèvement, d'autant plus nettement qu'il était plus élevé au prélèvement 12 (même chez le traitement 3, qui ne reçoit pas de potasse, l'augmentation spontanée de la teneur en potassium s'accompagne d'une baisse presque significative du magnésium comme du calcium) ; à ce moment le traitement 8, malgré la faiblesse de la dose de potasse reçue (2,35 g de K₂O), tombe significativement en dessous du 3, qu'il rejoindra in extremis au 15^e prélèvement.

V. SOMME ET PROPORTIONS DES TROIS CATIONS

L'examen des courbes de teneurs en K, Ca et Mg a décelé des antagonismes de forces inégales. Le potassium entrave l'absorption du magnésium plus que ne le fait le calcium (du moins aux fortes doses de Mg) ; il entrave nettement l'absorption du calcium alors qu'un effet analogue du magnésium est problématique ; son absorption est peu gênée par le calcium et le magnésium. Pour comparer à la fois l'absorption des trois cations K, Ca et Mg et l'efficacité de leurs antagonismes réciproques, en les résumant, il suffit d'examiner l'évolution de leur somme et de la part y occupée par chacun d'eux. (Ce calcul nécessite bien entendu la conversion préalable des pourcentages en milliéquivalents.) Il est ainsi plus aisé de comparer les effets globaux des 16 traitements, surtout les effets des traitements « proportions ».

1° La somme K + Ca + Mg (*).

a) *Avant la première application d'engrais N-P-K.* — Dans cette période, l'ananas puise seulement parmi les cations présents dans le sol ou mélangés à celui-ci avant la plantation ; il est même possible qu'au lieu d'y puiser, il y rejette des cations. Le jeu des antagonismes bénéficie alors d'une réciprocité complète et, au 3^e prélèvement, on constate que l'appauvrissement de la base de la feuille « D » en cations totaux est identique dans les 16 traitements. L'existence des antagonismes du calcium et du magnésium vis-à-vis du potassium, que l'absence de différences significatives dans les teneurs en potassium n'avait pas permis de

(*) Cf. fig. 41-42-43 c.

démontrer directement, est donc réelle. Une observation statistique lui apporte une confirmation supplémentaire : le coefficient de variation de la somme $K + Ca + Mg$ est inférieur, tout au long de l'essai, à ceux des trois éléments K , Ca et Mg ; cela veut dire que les variations de cette somme d'une parcelle à une autre, pour un même traitement, sont moins grandes que celles des trois éléments pris un par un : donc la plante compense au moins en partie leurs fluctuations individuelles et incontrôlées, grâce à la réciprocité des antagonismes.

b) *Effets des traitements 12 à 16 (fig. 41 c).* — Des différences apparaissent dès le 4^e prélèvement, lorsque l'absorption globale des cations commence (c'est-à-dire lorsque la teneur en $K + Ca + Mg$ croît dans tous les traitements). Les traitements se classent alors dans l'ordre des doses reçues, et la position des maxima aux prélèvements 5 et 13 montre le rôle déterminant du potassium. Mais à la fin de la saison sèche (prélèvements 8 à 12) la diminution des écarts de teneur en potassium par rapport au témoin est presque compensée par l'augmentation des écarts de teneurs en calcium et magnésium, qui freine le rapprochement des teneurs en $K + Ca + Mg$ avec celle du témoin.

La teneur en $K + Ca + Mg$ chez le traitement 13 parvient très rarement à se distinguer de celle du traitement 14 : il est clair que la capacité totale d'absorption des cations par l'ananas est saturée.

c) *Effets des traitements 1 à 12 (fig. 42-43 c).* — L'absorption globale des cations est, dès le 4^e prélèvement, plus élevée que chez le témoin, et à partir du 5^e prélèvement les traitements « proportions » se différencient significativement les uns des autres sous l'effet de la *première application d'engrais N-P-K*. Ils se classent alors en suivant d'abord l'ordre des quantités de potasse reçues, puis l'ordre des quantités de magnésium reçues. Il n'y a de différences significatives que suivant la quantité de potasse ; mais à un même niveau de potasse c'est toujours le traitement le plus pauvre en magnésie qui a la somme $K + Ca + Mg$ la moins élevée (2 inférieur à 4 et 1, 12 inférieur à 10, 6 inférieur à 5, 9 inférieur à 11 et 8).

Pendant la saison sèche, ce classement se modifie peu à peu. Aux prélèvements 7 et 8, l'efficacité du magnésium s'accroît aux niveaux peu élevés de potasse et l'on voit le traitement 10 prendre la première place, en même temps que le 3 dépasse un bon nombre de traitements : le coup de fouet de la potasse a fini son effet. Au prélèvement 11, c'est la quantité de magnésium reçue et non plus le niveau potassique

qui différencie les traitements, potassium et calcium étant indifférents.

Après la deuxième application d'engrais, la potasse reprend ses droits et l'on retrouve aux 13^e et 15^e prélèvements un classement analogue à celui du 5^e prélèvement.

On notera que seule la potasse est capable de faire varier la somme $K + Ca + Mg$ dans des proportions importantes (15 % de part et d'autre de la moyenne générale) parmi ces traitements qui ont tous reçus la même dose de cations ; mais cette action est de courte durée. Si on laisse agir le temps on constate que la chaux a pour effet une augmentation de la teneur en $K + Ca + Mg$, par rapport au témoin, qui est moins grande mais peu variable tout au long de la vie de l'ananas. Quant à la magnésie, son effet sur la teneur en $K + Ca + Mg$ est progressif comme celui de la chaux, mais plus soutenu ; cet élément apparaît comme un régularisateur de la nutrition cationique.

2° Répartition de K , Ca et Mg à l'intérieur de cette somme.

La nutrition cationique, envisagée dans son ensemble et non pour les trois éléments individuellement, se décompose en deux facteurs : son *intensité*, que nous venons d'étudier, et sa *qualité*, qu'il nous reste à passer en revue. Graphiquement, cette dernière se transcrit (fig. 37) au moyen de la représentation triangulaire avec laquelle tous nos lecteurs sont maintenant familiarisés.

Il est souhaitable, lorsqu'on utilise la représentation triangulaire, que la somme des trois grandeurs représentées sur un même graphique soit à *peu près constante* pour tous les points obtenus expérimentalement. Lorsque à un âge donné des plants la teneur de la feuille « D » en $K + Ca + Mg$ ne varie pas d'un traitement à un autre, la figure tracée représente à la fois l'intensité et la qualité de la nutrition cationique à ce stade. Il suffirait alors de prendre pour chaque prélèvement un triangle dont la longueur du côté serait proportionnelle à la somme $K + Ca + Mg$ correspondante, et de graduer ce triangle à la fois de 0 à 100 et en valeur absolue (még %), pour avoir en une seule figure la totalité des données concernant K , Ca et Mg dans les feuilles « D » ; on pourrait ainsi se passer des graphiques de teneurs en K , Ca , Mg et $K + Ca + Mg$. Ce n'est plus possible lorsque la somme $K + Ca + Mg$ est variable à une même date. Or, les réactions de la plante ne sont que pour une part déterminées par les proportions des ions les uns par rapport aux autres ; le niveau effectif de chacun d'eux agit indépendamment pour une autre part. Lorsque les variations de la somme $K + Ca + Mg$ suivant les traitements pris à une même date ne sont pas négligeables (et c'est le cas ici pour tous

les prélèvements dans la série « doses » au moins), le graphique triangulaire rend compte *exclusivement de la qualité* de la nutrition cationique. Une représentation qui tiendrait compte de la valeur $K + Ca + Mg$ pour chaque point d'un même graphique est possible, mais compliquerait le dessin d'une manière excessive (on pourrait, par exemple, prendre pour chaque point un triangle de grandeur différente, mais avec le même centre). Dans ces conditions, nous avons pris la même échelle pour tous les triangles de la figure 47, quelle que soit la valeur moyenne de la somme $K + Ca + Mg$ aux divers prélèvements.

Certains auteurs n'admettent pas la représentation triangulaire lorsque la somme $K + Ca + Mg$ n'est pas constante ; nous ne partageons pas ce point de vue, étant bien entendu qu'on ne peut alors lire sur les graphiques que ce qui y est représenté, à savoir *des rapports de niveaux* et non ces niveaux eux-mêmes. Dans le cas de notre essai, ces graphiques permettent de comparer d'un seul coup d'œil le degré *relatif* d'absorption du potassium, du calcium et du magnésium pour chaque traitement ; leur absorption elle-même a été étudiée ci-dessus aux paragraphes II, III et IV.

a) *Effets des traitements 1 à 12.* — C'est ici que le schéma triangulaire est le plus utile, car il a servi de guide à la définition des traitements eux-mêmes, et d'autre part les variations de la somme $K + Ca + Mg$ (még %) entre traitements ne dépassent pas 15 % de part et d'autre de la moyenne aux prélèvements les plus défavorisés (5^e, 13^e et 15^e).

Du 1^{er} au 3^e prélèvement on voit l'équilibre se modifier au détriment du potassium, et des différences significatives apparaissent entre les traitements mais elles sont encore confuses ; l'étoile des 12 traitements se déploie au 5^e prélèvement, au moment où l'intensité de la nutrition cationique culmine. On constate alors que même chez les traitements à forte prépondérance du calcium (9, etc.) cet élément n'est pas plus abondant que le magnésium ; d'autre part, même chez le traitement 3 qui n'a pas reçu de potasse, le potassium est à lui seul aussi important que les deux autres cations réunis. Dans la qualité comme dans l'intensité de la nutrition, on observe donc un effet préférentiel du potassium d'abord, du magnésium ensuite. Si l'on tenait compte des valeurs individuelles de la somme $K + Ca + Mg$ pour chacun des douze traitements, on aurait une étoile étirée davantage vers le haut surtout, vers la gauche ensuite, les points 9 et 3 restant fixes.

Peu de changements aux prélèvements 7 et 8. C'est surtout aux prélèvements 11 et 12 que la diminution relative du potassium se fait sentir, tandis que le magnésium peut ainsi accentuer son effet ; si l'on tenait compte des variations de la somme $K + Ca + Mg$, l'étoile serait même encore légèrement distendue en direction du sommet Mg.

Après la deuxième application d'engrais, les points

sont comme aspirés par le sommet K du triangle ; l'assimilation rapide du potassium, même chez le traitement 3 qui n'en reçoit pas, bouleverse les équilibres. Si l'on tenait compte des variations de la somme $K + Ca + Mg$ l'étoile serait encore nettement étirée vers le haut et légèrement à gauche, le point 3 restant fixe et les points 1, 7 et 10 s'éloignant du centre du triangle. Au dernier prélèvement, cet effet du potassium est à peine atténué.

Dans toute cette évolution les 12 points représentatifs des rapports K/Ca/Mg dans l'échantillon analysé ne se répartissent qu'à l'intérieur *d'une faible portion du triangle*, alors que les points représentatifs des engrais appliqués explorent leur triangle presque en totalité. Cela tient bien sûr d'abord à ce que les ananas ont puisé une part de leurs cations dans le sol, comme l'attestent les résultats du témoin. Cela tient aussi à la sélectivité de l'absorption, déterminant l'intensité respective des divers antagonismes et fixant l'ordre de préférence potassium-magnésium-calcium. La comparaison du témoin 16 avec les 12 traitements apporte une confirmation supplémentaire à cette sélectivité ; sur un même graphique triangulaire, même et surtout en tenant compte des variations de la somme $K + Ca + Mg$, le point 16 ne viendrait pas se placer au centre de l'étoile dessinée par les points 1 à 12.

b) *Effets des traitements 12 à 16.* — Dans cette série la somme $K + Ca + Mg$ est très variable, sauf au *prélèvement n° 3* où elle est au contraire très constante. La position des cinq points à ce moment-là, alors que seuls le calcium et le magnésium ont été appliqués, démontre cette fois-ci indubitablement les effets d'antagonisme sur le potassium ; on constate aussi que le magnésium, malgré sa faible part dans l'engrais, a été assimilé en quantité équivalente au calcium : les points s'alignent entre le sommet K et le centre du triangle, sans dévier vers le sommet Ca.

Le témoin, après le premier apport d'engrais N-P, se déplace vers des équilibres de plus en plus riches en Mg et de moins en moins riches en K, tandis que la proportion de Ca y croît à peine. Après la reprise des pluies et le deuxième apport d'engrais N-P l'équilibre revient au voisinage du point de départ grâce à la baisse du potassium, mais en régressant moins pour Mg que pour Ca.

Pendant ce temps, les *quatre autres traitements* se disposent en sens inverse du prélèvement 3, leur constellation étant désormais toujours alignée entre le témoin et le sommet K du triangle : c'est dire encore

une fois que dans les doses appliquées le potassium a agi beaucoup plus vigoureusement que les deux autres cations ; il faut regarder les courbes de teneur en Ca et Mg pour s'apercevoir que ceux-ci n'étaient pas déficitaires par rapport au témoin. Il s'avère de

plus en plus que, malgré le rapport Ca/Mg voisin de 3 dans ces traitements « doses », l'équilibre entre ces deux éléments dans la feuille « D » y est resté identique à celui du témoin : c'est-à-dire évoluant lentement en faveur de Mg.

*
* *

Cet inventaire des données fournies par l'analyse foliaire n'a pu échapper à une aridité que nous sommes le premier à déplorer. Il n'est pas possible d'obtenir une vue synthétique des enseignements fournis par 5 800 résultats chiffrés, sans commencer par y moissonner une par une les indications qu'ils sont susceptibles de fournir : ni pour celui qui est chargé d'élaborer cette synthèse, ni pour celui qui veut l'assimiler. C'est seulement maintenant que nous allons être en mesure de confronter la plante et le sol sur lequel elle a poussé, et par là d'entrevoir peut-être certains mécanismes de sa nutrition et de sa croissance.

(A suivre.)

*
* *

Les analyses foliaires ont été réalisées par C. ÉGOUMENIDES assisté de M^{me} P. RABÉ-CHAULT, au laboratoire central de physiologie végétale de l'I.F.A.C. Les calculs statistiques ont été effectués sous la direction de P. LOSSOIS.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) MARTIN-PRÉVEL (P.). — Aperçu sur les relations croissance-nutrition minérale chez l'ananas. *Fruits*, vol. 13, n° 3, p. 101-122, 1959.
- (2) MARTIN-PRÉVEL (P.). — Carence en potassium sur ananas en Guinée. *Fruits*, vol. 14, n° 7, p. 235-283, et n° 10, p. 414-418, 1959.
- (3) PY (C.). — Influence de la date de plantation et du poids des rejets sur la croissance des plants d'ananas en Guinée. *Fruits*, vol. 15, n° 10, p. 451-453, 1960.
- (4) PY (C.). — L'influence des facteurs climatiques sur l'efficacité de la fumure azotée en plantation d'ananas. *Fruits*, vol. 16, n° 7, p. 375-378, 1961.
- (5) SANFORD (Dr W. G. Directeur pour l'Agronomie du Pineapple Research Institute, Honolulu). — Communication personnelle.

