

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

VII

CONCLUSIONS

par **P. MARTIN-PRÉVEL**

Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer.

En ayant terminé avec l'exposé et l'examen des données accumulées au cours de l'essai « H 56 », il nous reste, pour clore ces comptes rendus, à faire le point de la contribution apportée à la connaissance de l'ananas. Nous essaierons en même temps d'en tirer des enseignements sur les méthodes d'étude de cette plante et sur les orientations de recherche suggérées.

1° Méthode et dispositif expérimentaux utilisés.

a) Intérêt pour l'étude physiologique.

L'essai « H 56 » constituait la première utilisation par l'I. F. A. C. des principes de la méthode des variantes systématiques de M. V. HOMÈS ; grâce à eux la nutrition en potassium, calcium et magnésium a pu être étudiée en plein champ avec une sécurité d'interprétation qu'aucune autre méthode de recherche n'aurait pu fournir. L'ensemble des seize traitements permettait l'étude de chacun des trois éléments à neuf niveaux, sans intervention d'effets accessoires dus aux modifications de pH du sol ou à l'absorption des anions dits « d'accompagnement » ; la comparaison des formes oxyde et sulfate, pour le calcium et le magnésium, s'est réalisée en même temps. Les quatre répétitions sur le terrain se sont avérées suffisantes ; ce total de 64 parcelles était lourd certes, mais un essai de type factoriel, étudiant seulement trois niveaux de K, Ca et Mg et deux formes d'emploi de ces deux derniers, en aurait demandé davantage tout en fournissant moins d'enseignements sur la physiologie de la nutrition minérale.

b) Difficultés sur le plan agronomique.

Par contre, nous l'avons déjà signalé, les modalités d'emploi de la méthode des variantes systématiques telles que son auteur les a définies à l'origine n'ont pas donné satisfaction pour la recherche de l'optimum nutritif (cf. *Fruits*, mars 1961, p. 116-117 : Remarques

sur la détermination de l'équilibre optimum et fig. 8). Une première cause de la mauvaise concordance entre les optima calculés et observés réside dans l'amplitude trop étroite des variations entre les meilleurs et les plus mauvais résultats, comparées à la valeur absolue de ceux-ci : c'est là l'effet des réserves contenues dans les rejets plantés au départ, des réserves du sol et de la dose d'azote et phosphore appliquée dans tout l'essai.

Le calcul selon HOMÈS aboutit à des proportions d'autant plus voisines de 33-33-33 que les différences entre les rendements des trois « variantes systématiques » sont plus faibles par rapport à ces rendements eux-mêmes. Il consiste en effet à exprimer chacun de ces trois rendements en % de leur total.

Supposons par exemple des rendements de 10, 8 et 2 t/ha pour les trois « variantes systématiques » K, Mg et Ca respectivement ; les proportions optimales de K, Mg et Ca dans l'engrais sont, d'après le calcul selon HOMÈS :

$$\frac{10}{10 + 8 + 2} = 50 \% \text{ de K}, \quad \frac{8}{10 + 8 + 2} = 40 \% \text{ de Mg},$$

$$\frac{2}{10 + 8 + 2} = 10 \% \text{ de Ca}$$

Si d'autres causes font passer les rendements à 50, 48 et 42 t/ha, les différences entre les trois traitements restent les mêmes mais le calcul donne pour optimum :

$$\frac{50}{50 + 48 + 42} = 36 \% \text{ de K}, \quad \frac{48}{50 + 48 + 42} = 34 \% \text{ de Mg},$$

$$\frac{42}{50 + 48 + 42} = 30 \% \text{ de Ca}$$

Nous avons essayé de tenir compte de cet effet en appliquant le calcul selon HOMÈS non aux rendements eux-mêmes, mais aux suppléments de rendement par rapport à notre témoin. Cela revient à considérer comme objet d'étude non le plant d'ananas, mais le complexe plante + sol + engrais N — P, dont le « rendement » sous l'influence des engrais K — Ca — Mg est un accroissement de poids des fruits. (Dans un essai complet anions et cations, il faudrait donc trois témoins : un témoin sans anions à comparer aux trois traitements anions, un témoin sans cations comme ici, et un témoin absolu pour l'étude de la dose totale.) L'optimum calculé correspondait alors assez bien avec l'optimum réel (cf. *Fruits*, mars 1961, p. 117) ; mais ce peut être là un heureux effet du hasard. Ce mode de calcul ne peut en effet être rigoureux que si le supplément de rendement est négligeable (théoriquement : égal à zéro) chaque fois que la dose d'un des trois éléments K, Ca ou Mg est égale à zéro. Or notre traitement 1 par exemple, sans calcium, était l'un des plus productifs, et par contre l'extrapolation vers 100 % de Ca aurait donné un rendement inférieur à celui du témoin (cf. *Fruits*, mars 1961, fig. 8) ; nous touchons là la deuxième cause de mauvaise concordance : les ananas, sur ce sol et avec engrais N — P, souffraient de déficience en potassium et magnésium et d'un excès relatif de calcium.

Le mode de calcul établi à l'origine par HOMÈS est valable pour des plantes cultivées sur milieu pur, et à par-

tir de graines dont les réserves minérales sont négligeables. Le rendement est alors nul pour tous les points situés sur le périmètre du triangle représentatif des traitements (triangle 1, fig. 52) ; la position du point le plus élevé des surfaces de réponse peut être déterminée au moyen de trois points expérimentaux (les trois « variantes systématiques »), car ces surfaces doivent de plus couper le plan de référence selon les trois côtés du triangle 1.

Mais dans notre cas le triangle I s'inscrit dans un triangle II (tracé ici d'après la composition habituelle des rejets d'ananas de la Station), puis dans un triangle III (tracé ici en fonction des cations échangeables contenus dans le poids approximatif de sol exploré par les racines d'un plan d'ananas, soit 65 kg). Ce dernier est une vue de l'esprit : nous ne pouvons savoir au juste quel est le degré d'exploration du sol par les racines et quels cations y sont réellement disponibles pour celles-ci. Les surfaces de réponse de nos figures 6, 7, etc. (*Fruits*, mars 1961) ne sont alors que la partie réelle de surfaces plus grandes, dont les parties fictives viendraient couper les plans de référence suivant les côtés du triangle III. Ne pouvant connaître avec une approximation suffisante ni les dimensions ni la position de ce triangle par rapport au triangle I, il faut plus de trois points pour obtenir la position du sommet de la surface de réponse.

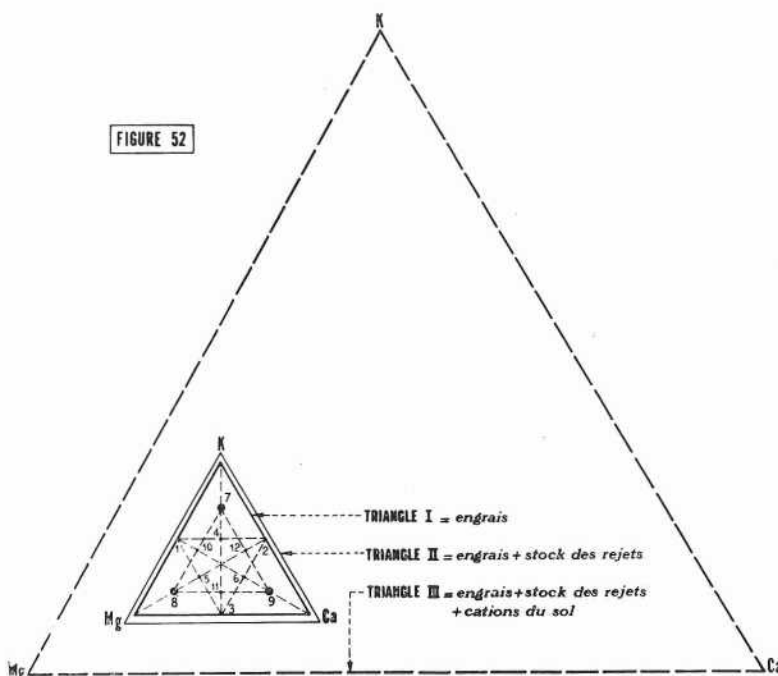
La figure 52 montre en outre que les trois « variantes systématiques » peuvent être, vis-à-vis de l'alimentation effective de la plante, très éloignées de la symétrie nécessaire au calcul ; le sommet de la surface n'est pas nécessairement inclus dans le triangle I. D'autre part, lorsque la dose totale de cations varie, le triangle I devient plus grand par rapport au triangle III, car tous deux ont leur côté allongé d'une même grandeur ; les coordonnées du sommet de la surface de réponse par rapport au triangle I ne sont plus les mêmes, à moins que par chance les proportions de cations disponibles dans le sol ne soient déjà celles de l'optimum, ou que l'efficacité de ces cations sur la plante ne soit, comme ici, très restreinte.

Les tomes II et III du dernier livre de M. V. HOMÈS (1), non encore parus, apporteront sans doute des précisions nouvelles sur l'adaptation de la méthode au milieu naturel.

2° Application des résultats de l'essai dans la pratique agricole.

Dans notre article consacré au rendement (mars 1961), nous avons insisté sur la double nécessité :

— de vérifier les conclusions agronomiques dans les mêmes conditions de culture (climat guinéen sans irrigation),



— de les adapter aux conditions des autres zones productrices d'ananas,

avant de généraliser l'introduction de la magnésie avec élévation de la dose de potasse dans les formules d'engrais.

Les événements sont malheureusement venus interrompre le cours de l'essai de vérification entrepris en Guinée, essai dont nous aurions dû avoir les résultats à l'heure actuelle. Les mensurations foliaires effectuées régulièrement jusqu'au traitement de floraison n'ont accusé aucune différence entre les deux formules testées : « fumure ordinaire » et « fumure Homès » ; mais l'effet déterminant du magnésium dans l'essai H 56 était d'améliorer la relation Poids de la feuille D — Poids du fruit (cf. *Fruits*, juillet 1961, p. 350-351 et fig. 40).

Des essais simples K—Mg—Ca ont été entrepris plus récemment dans d'autres Stations de l'I. F. A. C. ; et quelques plantations privées expérimentent dans leur sole 1961-62 des formules d'engrais avec magnésie, parfois sur des surfaces importantes. Nous rédigerons une note complémentaire lorsque de nouveaux résultats seront disponibles.

3° Pédologie et relations sol-plante.

L'essai H 56 a servi de support à la première étude d'importance sur les sols à ananas, montrant comment s'amorçait leur dégradation. Le problème de la dis-

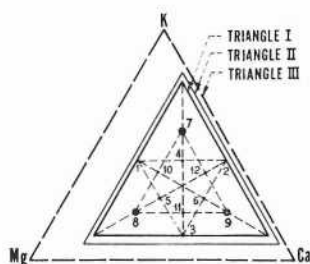


FIG. 53.

ponibilité réelle pour la plante des cations dans le sol et du mode d'action des engrais potassiques, calciques et magnésiens, a reçu une amorce de solution.

Le triangle III semble en réalité beaucoup plus petit que nous ne l'avons tracé sur la figure 52 ; il se rapprocherait davantage de celui de la figure 53, qui tient compte des constatations faites au cours de l'étude du sol :

- inefficacité du potassium et du magnésium échangeable, trop rapidement lessivés sans doute ;
- disponibilité probable du calcium échangeable.

La position de la zone optimum sur la figure 8 (*Fruits*, mars 1961) ne surprend plus si on la superpose à la figure 53.

Nous ne reviendrons pas ici sur les enseignements tirés de cet essai dans le domaine de la *physiologie de l'absorption et de l'utilisation des cations* par l'ananas ; ils sont essentiels à nos yeux. Signalons seulement l'intérêt que présenterait, pour l'étude des antagonismes, un essai de proportions entre cations avec dose totale égale ou supérieure à 1 équivalent-gramme par plant (de manière à saturer la capacité d'absorption du végétal).

4° Diagnostic foliaire et biométrie.

a) Possibilités et limites d'emploi du diagnostic foliaire avec l'échantillonnage « hawaïen ».

L'établissement de normes d'interprétation (niveaux critiques, etc.) pour le diagnostic foliaire dans les conditions de culture de l'ananas en Guinée est illusoire, en raison de l'allure en ligne brisée de toutes les courbes ; l'échantillon « hawaïen » traduit les effets du climat très contrasté et ceux du mode d'application des engrais N—P—K avec davantage encore de rapidité que la feuille D prise en entier (2). Les habituels niveaux de référence devraient être remplacés par des courbes de référence, à établir chaque année pour chaque élément ; chacune d'elles serait valable pour un seul microclimat précis et pour une seule date de plantation.

L'étude des teneurs de la partie basale blanche de la feuille D en N, P, K, Ca, Mg nécessite donc un gros travail analytique à refaire chaque année ; elle est d'une aide précieuse pour les travaux de recherche, en tant qu'indicateur instantané de la nutrition minérale, mais trop lourde pour le contrôle pratique en plantations (sauf cas particuliers). Elle ne permet pas, comme la feuille D prise en entier, le calcul des produits teneur X poids de la feuille, qui permet l'obtention de courbes à longs paliers et convient ainsi mieux aux applications pratiques (2).

Par ailleurs, nous avons signalé la non-concordance entre les résultats du diagnostic foliaire « hawaïen » pour l'azote et l'aspect du feuillage dans certains traitements (*Fruits*, déc. 1961, p. 540). Un test de comparaison entre l'échantillon hawaïen et une partie verte de la même feuille, au prélèvement n° 14, a effectivement révélé des différences de teneur en azote, suivant les traitements dans la zone chlorophyllienne, mais non dans la partie blanche. Ce test a par contre fourni, pour le potassium, des résultats semblables

dans les deux zones foliaires ; nous n'y avons pas étudié le phosphore, le calcium ni le magnésium.

b) *Emploi combiné des mensurations foliaires et du diagnostic foliaire « hawaïen ».*

Les réactions de croissance quasi mathématiques de l'ananas aux engrais reçus permettent à la biométrie de fournir à peu de frais une large part des informations habituellement demandées au diagnostic foliaire. Il est plus expéditif de mesurer et peser les feuilles D prélevées que de les analyser ; le faire tous les mois, même sur un assez grand nombre de parcelles, ne demande pas un travail exagéré et apporte déjà une certaine estimation de la nutrition azotée, l'azote étant le facteur le plus décisif de la croissance foliaire. La méthode de C. PY a encore été perfectionnée tout récemment (3). On peut ainsi contrôler un carré de plantation, et dans une certaine mesure le guider vers une production à la date voulue de fruits du calibre choisi. L'analyse de l'échantillon hawaïen permettra d'améliorer ce contrôle et d'agir sur la qualité de la récolte, en intervenant dans le domaine de la nutrition en cations. Le potassium ne sera envisagé que dans son équilibre avec l'azote, en profitant de la relative constance du rapport N/K de novembre à juin (cf. *Fruits*, déc. 1961, fig. 44-45-46, d) ; les teneurs en P, Ca et Mg ne varient guère non plus de janvier à juin (*ibid.*, fig. 41-42-43 b et 44-45-46 b, c). Une seule analyse foliaire devrait donc suffire à contrôler l'effet de la première application d'engrais et à déterminer la deuxième application, pourvu qu'elle soit effectuée entre janvier et mai et complétée par des pesées régulières de feuilles D. D'après les résultats de l'essai, on devrait s'efforcer d'obtenir alors un rapport N/K voisin de 0,65, une teneur en calcium d'environ 0,2 % et en magnésium d'environ 0,3 %. Dans la dernière phase végétative, lorsque les oscillations suscitées par la deuxième application d'engrais sont apaisées, les teneurs optimales en Ca et Mg semblent être les mêmes ; mais le rapport N/K devrait à ce moment descendre vers 0,35.

Le diagnostic foliaire « hawaïen » est probablement plus sensible et plus fidèle que l'analyse de la feuille D entière, excepté pour l'azote ; mais, même combiné à la biométrie, il est moins satisfaisant pour les applications pratiques.

5° **Rôles physiologiques du potassium, du calcium et du magnésium chez l'ananas.**

Ici encore nous disposons seulement de deux séries d'informations : d'une part, la présence des trois élé-

ments à différentes concentrations dans un certain tissu foliaire ; d'autre part, des observations sur la floraison, le poids du fruit et tous ses critères de qualité (*Fruits*, mars et avril 1961). Nul doute que les effets des traitements sur la floraison et le fruit ne se soient exercés à travers les variations de concentration des trois éléments dans toute la plante, dont le tissu analysé paraît un miroir fidèle. Mais nous n'avons aucune indication sur les mécanismes possibles de ces actions, faute d'étude cinétique ou de théorie générale à laquelle nous référer. Il n'est donc pas possible de dégager des hypothèses précises pour servir de guide aux travaux ultérieurs dans ce domaine, de première importance pour la connaissance de la plante ; nous pouvons seulement effectuer une sorte de tri préliminaire, de classement des informations.

a) *Apports de l'analyse foliaire.*

Parmi les effets reconnus des traitements sur la fructification, l'analyse foliaire permet de discerner lesquels sont dus aux éléments apportés eux-mêmes et lesquels sont dus aux interactions d'absorption ou de transport.

La figure 46 démontre ainsi que tous les effets de la *dose totale de cations* étaient seulement ceux d'une nutrition potassique variant sans modification concomitante de la nutrition calco-magnésienne (ce qui n'aurait pas été le cas avec des apports de potasse seule à la plante).

Les chiffres analytiques du *traitement 3* démontrent que, chaque fois que nous avons constaté une influence du calcium et du magnésium opposée à celle du potassium et se manifestant seulement en l'absence de cet élément, nous observions simplement les effets de la diminution de teneur en potassium sous l'effet des antagonismes.

Enfin, l'analyse foliaire nous a donné une notion des degrés d'assimilation respectifs du calcium, du magnésium et du potassium ; lorsque l'étude des *proportions entre cations* met en évidence des effets des trois éléments s'exerçant dans le même sens et avec des intensités croissant comme les degrés d'assimilation, il s'agit vraisemblablement de fonctions pour lesquelles ils sont interchangeables ; le même raisonnement peut s'appliquer à deux cations seulement : Ca et Mg, ou Mg et K.

b) *Effets paraissant communs aux trois éléments.*

L'action sur la *croissance foliaire* semble assez bien se ramener à celle de la somme de $K + Mg + Ca$ assimilés ; il y aurait donc un fort degré d'interchangeabilité des cations non seulement dans leur absorp-

tion et leur transport jusqu'aux feuilles, mais encore dans leur utilisation à ce niveau. La réduction de l'intervalle *traitement de floraison-récolte* semble combiner un effet commun aux trois cations et un effet plus marqué du potassium, tandis que la *hauteur de la tige fructifère* ne dépendrait que du niveau de nutrition des plans en $K + Mg + Ca$. Les *pourcentages de floraison* combinent un effet propre au magnésium, et un effet commun aux trois cations, négatif lors du premier traitement acétylène, positif lors du second ; il en va de même pour le *poids du fruit* et le rendement en *rejets*.

Ces effets divers sont seulement les conséquences de l'action commune des trois cations sur la croissance foliaire, qui se répercute ensuite sur la croissance du pédoncule et du fruit. Dans le cas des pourcentages

compensant dans le cas du traitement 3 leur effet indirect par diminution du taux de potassium dans la feuille (cf. *Fruits*, avril 1961, fig. 28 b) ; cet effet se répercute sur le parfum et la saveur (fig. 30 et 32 b) ; il s'agit d'ailleurs d'une époque de l'année où l'acidité est très faible. Cet effet ne se présente plus lors de la récolte correspondant au deuxième traitement de floraison, avec une acidité moins faible chez le témoin.

Le potassium est donc, dans la plante, l'agent déterminant des transports et synthèses de sucres et acides organiques du fruit. Rappelons que son excès peut toutefois faire baisser la qualité gustative, même si les effets sur l'extrait sec et l'acidité paraissent objectivement favorables.

Le potassium semble encore agir seul pour améliorer

loncule), provoque et réduire la teneur en potassium il améliore

l'équilibre des cations et de toujours positif *raison* le désigne nonal dans la aines réactions de de l'amélioration de la feuille D — *et en rejets* est la croissance atteint le *coloration de* l'équilibre entre le résultats encore s effets séparés

NOTE DE LA RÉDACTION. — Les épreuves de cet article de P. Martin-Prével ont été retrouvées dans les restes du Boeing dont l'accident récent à Pointe à Pitre (Guadeloupe) a fait tant de victimes.

Pour cette raison, les paragraphes ajoutés par l'auteur nous sont parvenus après l'impression de l'article. Nous les ajoutons donc ici en priant nos lecteurs de bien vouloir excuser ce papillon.

Page 257, à la fin du premier paragraphe :

En limitant notre objet à l'étude des trois cations, nous n'avons employé que partiellement la méthode des variantes systématiques. Outre le souci de ne pas multiplier le nombre des combinaisons à tester, cette restriction était motivée avant tout par la crainte d'une interaction particulière entre l'azote et les cations, ne rentrant pas dans le cadre des interactions normales anions-cations. L'azote appliqué à des ananas devant l'être sous forme ammoniacale et ne pouvant être nitrifié avant son absorption, il risquerait de participer à la compétition entre cations. En fait il n'en a pas été ainsi (Cf. *Fruits*, mai 1962) ; l'essai H 56 donne le « feu vert » à une éventuelle étude complète de la nutrition de l'ananas selon les principes de la méthode des variantes systématiques.

Page 259, deuxième ligne de la colonne de droite, lire :

... ne surprend plus si on la superpose au triangle de la figure 53.

Page 259, avant-dernière ligne de la colonne de droite, lire :

... non dans la partie blanche (Cf. *Fruits*, mai 1962, p. 224). Ce test...

Page 260, remplacer les deux dernières lignes de la 1^{re} colonne et les 3 premières lignes de la 2^e colonne par :

nous avons étudié la physiologie de l'alimentation de l'ananas en ces trois éléments (*Fruits*, mai 1962) ; auparavant nous avons constaté les effets terminaux de cette nutrition : floraison, poids et qualité du fruit, etc...

de l'équilibre des cations, 1961. Les effets de la nutrition sur la croissance des ananas en culture d'ana-

Page 261, en fin d'article, avant la bibliographie :

En guise de point final, nous rassemblerons l'essentiel de nos résultats dans cette formule :

l'ananas absorbe le potassium mieux que le magnésium, et le magnésium mieux que le calcium ; cet ordre n'est pas seulement celui de ses préférences, il est celui de ses besoins.