

CULTURE SUR MILIEU ARTIFICIEL

Carences en N, P, S chez le bananier : analyse foliaire

par J.J. LACOEUILHE et P. MARTIN-PRÉVEL

Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer

CULTURE SUR MILIEU ARTIFICIEL
CARENCES EN N, P, S CHEZ LE BANANIER :
ANALYSE FOLIAIRE

J.J. LACOEUILHE et P. MARTIN-PRÉVEL (IFAC)

Fruits, Feb. 1971, vol. 26, n° 3, p. 161-167.

RESUME - Des bananiers ont été cultivés en bacs sur des solutions carencées en N, P et S. La carence partielle en azote a été légère. Les teneurs foliaires correspondantes sont assez proches du minimum indispensable trouvé par HEWITT au champ. La carence alternée a montré qu'une teneur de l'ordre de 2 p. cent dans une bande du demi-limbe de la F III correspond aux symptômes visuels. Ce niveau est plus élevé aux stades jeunes, car la teneur en azote d'une feuille de rang donné diminue quand l'âge du plant augmente. La carence partielle a mis en évidence qu'une bande du demi-limbe de la F III doit avoir à 5 mois une teneur supérieure à 3 p. cent pour que le plant ait une croissance normale. La déficience en phosphore a été trop légère pour déterminer le niveau de carence. L'analyse du soufre n'a pas pu être réalisée sur les échantillons des bananiers carencés en S. Ces données ont été fournies par des carences découvertes sur le terrain.

En 1961, un certain nombre d'études sur les troubles de la nutrition chez le bananier étaient entreprises à la Station IFAC d'Azaguié (Côte d'Ivoire). Dans une première étape, on a cherché surtout à établir la symptomatologie.

Après deux articles (9, 1) consacrés aux expérimentations réalisées dans ce but, une synthèse a pu en être faite sous forme d'un atlas photographique (2) qui est un guide de diagnostic pratique des carences et des troubles de la nutrition minérale chez le bananier. Sans

développer une nouvelle fois ce qui a été déjà exposé avec suffisamment de netteté, il est cependant nécessaire de rappeler que l'établissement d'un diagnostic visuel purement qualitatif a souvent besoin de la confirmation quantitative apportée par l'analyse foliaire et l'analyse du sol.

Nous rendrons compte en deux articles des données apportées par l'analyse foliaire, dans ces premières études de culture sur milieu artificiel.

RAPPEL DE L'EXPÉRIMENTATION

L'analyse foliaire a porté sur l'expérimentation de 1963 sur les éléments majeurs, qui comportait (1) :

1°) Des carences partielles (1/4 de la dose de la solution témoin pour N et Mg et 1/10 de cette dose pour P, S, K, Ca), l'ion partiellement manquant étant remplacé par les autres ions du même signe, augmentés chacun proportionnellement à sa concentration dans la solution témoin (tableau 1).

2°) Des carences alternées : mise en carence totale depuis l'âge de 3 mois à 3 mois et demi jusqu'à l'apparition des symptômes, puis guérison par l'emploi de la solution complète, et ainsi de suite jusqu'à la récolte. La composition des solutions était la même que dans l'expérimentation de 1961 (9).

3°) Des déséquilibres intercationiques, soit trois traitements complémentaires de la série "partielles" : - K + Ca, 1/4 Mg + K et 1/4 Mg + Ca (tableau 1).

Le traitement - K + Ca est assez voisin de la carence partielle 1/10 K, les traitements 1/4 Mg + K et 1/4 Mg + Ca sont très proches de la carence partielle 1/4 Mg.

Il manque un traitement - K + Mg pour compléter l'étude sur l'interchangeabilité des cations (les traitements concernant la déficience calcique sont d'un intérêt agronomique plus limité). Rappelons que ces différentes études n'ont pas toutes été mises en place à la même date : le 27 avril pour la série des "partielles" et le 28 août pour la série des "déséquilibres". Il s'agissait dans tous les cas du cultivar 'Poyo' (= 'Robusta') du groupe Cavendish.

ÉCHANTILLONNAGE

Les échantillonnages, effectués par J.M. CHARPENTIER, ont consisté à prélever sur chaque bananier une bande d'environ 20 cm de largeur sur le demi-limbe premier déroulé et dans sa partie la plus large, sur les feuilles suivantes :

- la dernière émise et complètement déroulée qui, par convention, est dite F I,
- les deux précédentes : F II et F III,
- la plus vieille feuille encore en vie, dont le rang est variable suivant les bananiers et les traitements qu'ils ont subis,
- une feuille intermédiaire entre la F III et la plus vieille feuille. Son rang est également variable pour les mêmes raisons.

Chaque bande prélevée était découpée en deux zones : le 1/3 proche de la nervure centrale et les 2/3 restants sur la partie extérieure. Ce procédé est habituellement employé à l'IFAC (3, 11). Néanmoins, pour permettre des recoupements avec d'autres auteurs, nous citerons souvent la reconstitution de la bande prélevée, que nous appellerons pour simplifier "bande entière" ou "feuille entière".

De cette façon, on possède une idée assez précise de la composition minérale des limbes et des gradients qui les relient. Ce type d'é-

chantillonnage ne pouvait pas être répété trop souvent sans danger pour les plantes observées. Il a donc été réalisé au maximum trois fois :

- carences partielles : à 83 et 204 jours,
- carences alternées : au moment de la mise en carence, avant l'application de la solution curative, et après la guérison,
- déséquilibres cationiques : à 149 jours.

Nous utiliserons essentiellement les analyses des carences partielles, ne faisant appel aux autres séries que lorsqu'elles apportent des informations complémentaires.

L'ensemble de l'expérimentation et la méthode d'échantillonnage permettent un nombre assez grand de recoupements qui, sans être totalement parfaits, donnent cependant le moyen d'évaluer non seulement les teneurs liées aux symptômes visuels mais aussi les interactions entre les différents éléments. Cela en fonction de plusieurs facteurs :

- l'âge de la feuille et sa position,
- le stade végétatif et l'âge de la plante,
- l'époque de mise en carence,
- le temps pendant lequel la plante était alimentée avec une solution déficiente,
- l'intensité de cette déficience (totale ou par-

TABLEAU I - Doses alimentaires en équivalent-gramme par bananier et par semaine (carences partielles et déséquilibres cationiques).

	NO ₃ -	PO ₄ ---	SO ₄ --	Cl -	K +	Ca ++	Mg ++	Na +
Témoin	1,20 (0,2 K) (1,0 Ca)	0,45 (mono K)	0,60 (0,2 K) (0,4 Mg)	0,22 (0,2 K) (0,02 Na)	0,75 (0,2 N) (0,15 P) (0,2 S) (0,2 Cl)	1,00 (N)	0,40 (S)	0,02 (Cl)
1/4 N	0,30 (Ca)	0,81 (0,45 mono K) (0,36 tri K)	1,14 (0,24 N) (0,50 Ca) (0,40 Mg)	0,22 (0,2 Ca) (0,02 Na)	0,75 (0,15 mono P) (0,36 tri P) (0,24 S)	1,00 (0,3 N) (0,2 Cl) (0,5 S)	0,40 (S)	0,02 (Cl)
1/10 P	1,29 (0,29 K) (1,00 Ca)	0,045 (mono K)	0,645 (0,245 K) (0,4 Mg)	0,22 (0,2 K) (0,02 Na)	0,75 (0,29 N) (0,015 mono P) (0,245 S) (0,2 Cl)	1,00 (N)	0,40 (S)	0,02 (Cl)
1/10 S	1,59 (0,19 K) (1,0 Ca) (0,4 Mg)	0,60 (0,45 mono K) (0,15 tri K)	0,06 (K)	0,22 (0,2 K) (0,02 Na)	0,75 (0,19 N) (0,15 mono P) (0,15 tri P) (0,06 S)	1,00 (N)	0,40 (N)	0,02 (Cl)
1/10 K	1,20 (Ca)	0,45 (0,225 mono K) (0,225 Na)	0,60 (0,03 Ca) (0,57 Mg)	0,20 (Ca)	0,075 (P. mono)	1,43 (1,2 N) (0,2 Cl) (0,03 S)	0,57 (S)	0,225 (P mono)
1/10 Ca	1,20 (0,78 K) (0,1 Ca) (0,32 Mg)	0,45 (mono K)	0,60 (0,2 K) (0,4 Mg)	0,02 (Na)	1,13 (0,78 N) (0,15 P mono) (0,2 S)	0,10 (N)	0,72 (0,4 Mg) (0,32 N)	0,02 (Cl)
1/4 Mg	1,20 (Ca)	0,45 (mono K)	0,60 (0,5 K) (0,1 Mg)	0,22 (0,2 K) (0,02 Na)	0,85 (0,15 P mono) (0,5 S) (0,2 Cl)	1,20 (N)	0,10 (S)	0,02 (Cl)
1/4 Mg + K	1,20 (0,4 K) (0,8 Ca)	0,45 (mono K)	0,60 (0,5 K) (0,1 Mg)	0,17 (0,15 K) (0,02 Na)	1,20 (0,4 N) (0,15 P mono) (0,5 S) (0,15 Cl)	0,8 (N)	0,10 (S)	0,02 (Cl)
1/4 Mg + Ca	1,20 (Ca)	0,45 (mono K)	0,60 (0,45 K) (0,1 Mg) (0,05 Ca)	0,17 (0,15 Ca) (0,02 Na)	0,60 (0,15 P mono) (0,45 S)	1,40 (1,2 N) (0,05 S) (0,15 Cl)	0,10 (S)	0,02 (Cl)
- K + Ca	1,20 (Ca)	0,45 (Na)	0,60 (0,3 Ca) (0,3 Mg)	0,30 (Ca)	0	1,80 (1,2 N) (0,3 Cl) (0,3 S)	0,30 (S)	0,45 (P mono)

Oligo-éléments : identiques dans tous les traitements, mêmes doses que dans l'expérimentation de 1961 (9).

tielle) par rapport à la solution témoin adoptée.

Les travaux de MURRAY (16) ont tenu compte de l'âge des feuilles mais à un seul stade de prélèvement. Dans notre cas, l'échantillonnage de quatre feuilles à chaque stade permettra un recouplement suffisant avec ses résultats. Cependant les valeurs trouvées ne peuvent pas

être directement comparées :

- nous ne prélevons qu'une portion du demi-limbe,
- MURRAY a travaillé sur 'Petite Naine',
- il ne précise pas à quel âge il a échantillonné

La répartition des éléments dans le plant n'a pas été refaite. Sur ce sujet, on peut se reporter aux études en champ (3, 12, 14).

CARENCE EN AZOTE

- Effets sur les teneurs en azote

Malgré une croissance inférieure de la plante, les observations végétatives ont montré que la dose utilisée en carence partielle - le quart de celle du témoin, soit 0,3 éq. g par semaine et par bananier - s'est révélée moins insuffisante qu'on ne le supposait a priori. Il ne faut donc pas s'étonner si les teneurs en azote des feuilles ne semblent pas très basses (figure 1)

Ces teneurs sont plus élevées à 83 jours qu'à 204 jours. La même tendance se révèle chez le témoin et chez les autres traitements. Le même résultat a été observé au champ (4, 5). Il semble que l'azote diminue avec l'âge du plant dans une feuille de même rang. Le niveau de déficience décroît aussi avec l'âge. On ne doit donc pas s'étonner que les niveaux trouvés ici soient plus élevés que ceux de MURRAY (16) obtenus, de plus, sur 'Petite Naine' (tableau 2).

La carence partielle ayant eu des effets très légers sur la croissance, la floraison et le rendement, on peut penser qu'on se situe à un niveau de nutrition azotée assez proche du minimum nécessaire (les résultats sont insuffi-

sants pour affirmer l'existence d'un niveau critique). Le niveau de 2,9 p. cent observé 70 jours avant la floraison est assez voisin de celui trouvé au champ par HEWITT sur 'Lacatan' (6) : 2,6 p. cent à la jetée de la fleur (tableau 2). On sait en effet que, si l'absorption de l'azote est continue, son rythme se ralentit environ deux mois avant la jetée de la fleur (10, 15). La diminution du niveau d'azote en fonction de l'âge de la plante peut donc être un peu plus rapide au cours de cette période.

Si cette hypothèse est exacte, la limite inférieure de l'azote nécessaire est d'environ 3,0 p. cent dans la F III d'un plant de 5 mois.

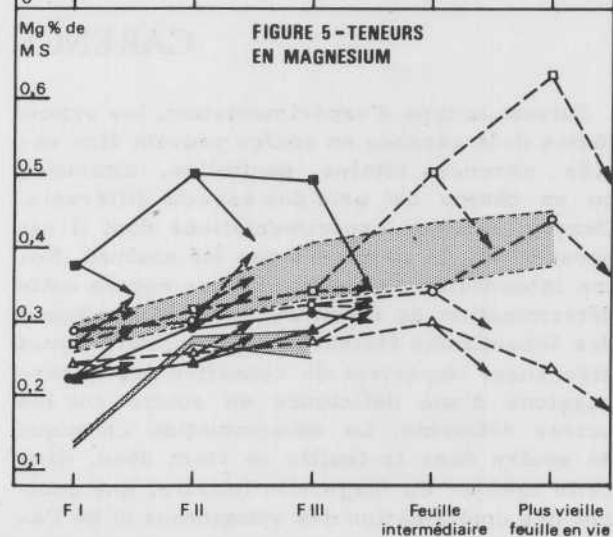
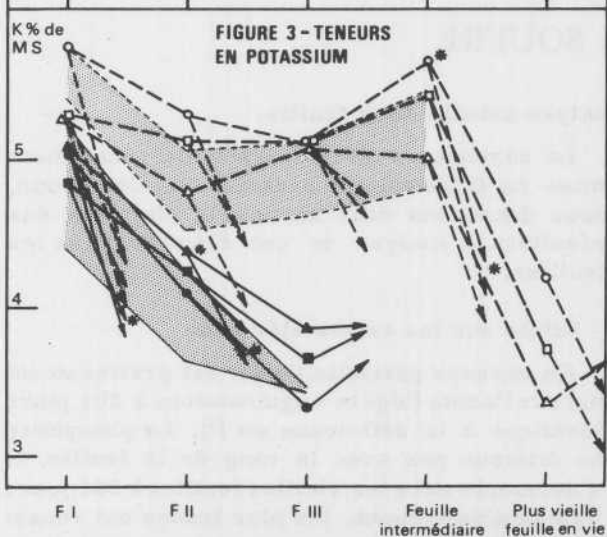
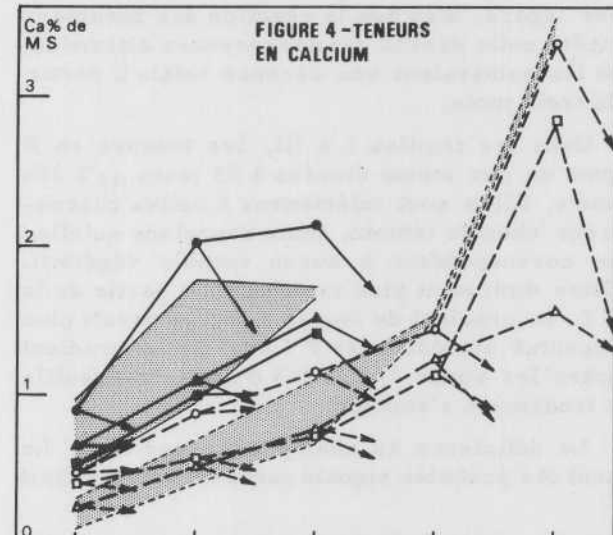
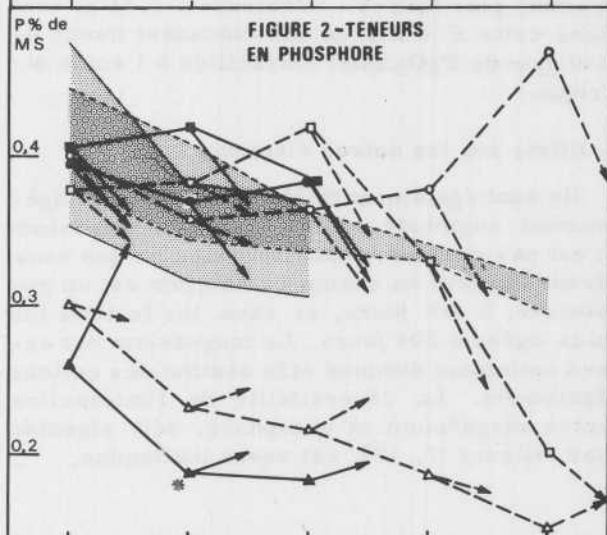
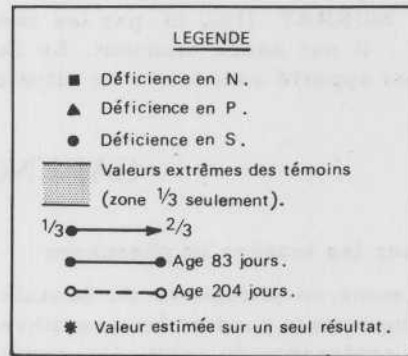
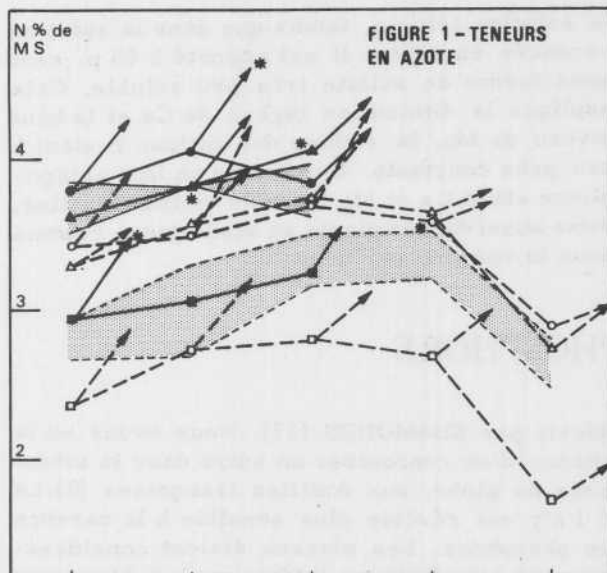
- Effets sur les autres éléments

Ils sont peu accentués dans la carence partielle, puisque les niveaux d'azote sont eux-mêmes peu modifiés. Le phosphore (figure 2) a tendance à augmenter surtout dans les feuilles II (à 83 jours) et III (à 204 jours) : le gradient de feuille à feuille est modifié et la F I n'est plus la plus riche comme dans les autres traitements. L'effet est pratiquement nul sur le potassium (figure 3) et légère-

TABLEAU 2 - Niveaux d'azote dans la F III en p. cent de matière sèche.

Auteurs	Cultivar	Nature	Stade ou âge	Niveau
IFAC (*)	Poyo	déficience atténuée	80 jours	3,4
			200 jours	2,9
		symptômes visuels après nutrition normale (carence alternée)	165 jours	2,5
			260 jours	2,1
Murray (16)	Petite Naine	déficience sévère	?	1,5
Hewitt (5)	Lacatan	niveau critique	jetée de la fleur	2,6

(*) - sur la "bande entière" du demi-limbe premier déroulé.



ment dépressif sur le calcium (à 83 jours et dans les vieilles feuilles, (figure 4). Le magnésium fait exception (figure 5) : à 83 jours, son niveau est considérablement accru, ainsi que dans les vieilles feuilles lorsque le plant a 204 jours. Ce résultat n'a pas été obtenu par MURRAY (16), ni par les carences alternées : il est assez étonnant. En fait, le calcium est apporté sous forme de nitrate dans

la solution témoin, tandis que dans la solution carencée en azote, il est apporté à 65 p. cent sous forme de sulfate très peu soluble. Cela explique la diminution légère de Ca et le haut niveau de Mg, la somme des cations restant à peu près constante. Il y a donc un fort antagonisme entre Ca et Mg dans les vieilles feuilles, mais aussi dans la plante au stade jeune comme nous le verrons par la suite.

CARENCE EN PHOSPHORE

- Effets sur les teneurs en phosphore

Les besoins en phosphore du bananier sont surtout importants pendant les premières étapes de la croissance du rejet. Les symptômes obtenus dans cette expérimentation ont été assez légers, bien que la réaction des bananiers ait été nette dans le cas des carences alternées, où ils subissaient une carence totale à partir de trois mois.

Dans les feuilles I à III, les teneurs en P sont un peu moins élevées à 83 jours qu'à 204 jours. Elles sont inférieures à celles rencontrées chez le témoin, mais rappelons qu'elles ne correspondent à aucun trouble végétatif. Elles diminuent plus rapidement à partir de la F I : le gradient de feuille à feuille paraît plus accentué surtout entre F I et F II. Le gradient entre les zones 1/3 et 2/3 d'une même feuille a tendance à s'annuler.

La déficience au champ est assez rare. Le seul cas probable signalé par la littérature était

décrit par SIMMONDS (17). Nous avons eu la chance d'en rencontrer un autre dans la même zone du globe, aux Antilles françaises (8). La F I s'y est révélée plus sensible à la carence en phosphore. Les niveaux étaient considérablement plus faibles : inférieurs à 0,14 p. cent dans cette F I sur un sol contenant moins de 250 ppm de P_2O_5 total extractible à l'acide nitrique.

- Effets sur les autres éléments

Ils sont également faibles. L'azote est légèrement augmenté à 204 jours ; le potassium n'est pas diminué, contrairement à ce que nous avons observé au champ. Le calcium est un peu abaissé, à 83 jours, et chez les feuilles les plus âgées à 204 jours. Le magnésium est assez nettement diminué et la somme des cations également. La réversibilité de l'interaction entre magnésium et phosphore, déjà signalée par ailleurs (7, 13), est assez inattendue.

CARENCE EN SOUFRE

Suivant le type d'expérimentation, les symptômes de la carence en soufre peuvent être variés : carences totales, partielles, alternées ou en champ ont pris des aspects différents. Dans le cas des expérimentations dont il est question ici, le soufre n'a pas été analysé. Notre laboratoire ne pratiquait pas encore cette détermination de façon courante et la plupart des échantillons étaient trop petits. Mais il peut être aussi important de connaître les répercussions d'une déficience en soufre sur les autres éléments. La détermination chimique du soufre dans la feuille ne vient donc, dans cette optique du diagnostic foliaire, que comme une confirmation des symptômes et de l'a-

nalyse usuelle de la feuille.

La carence en soufre ayant été récemment mise en évidence sur bananiers au Cameroun, nous donnerons dans un article ultérieur des résultats d'analyse de cet élément dans les feuilles.

- Effets sur les autres éléments

En carence partielle, l'effet est pratiquement nul sur l'azote (légère augmentation à 204 jours identique à la déficience en P). Le phosphore ne diminue pas avec le rang de la feuille, il s'accumule dans les vieilles feuilles à 204 jours. Vraisemblablement, les plus jeunes ont réussi

à mobiliser la majeure partie du soufre en possession et à la disposition de la plante. Le soufre aurait donc une mobilité suffisante quand les disponibilités de la plante sont faibles. En effet, l'enrichissement relatif et progressif des feuilles en phosphore fait penser à un antagonisme soufre-phosphore, qui se renforce avec l'âge de la feuille. Aucun effet très notable ne s'observe sur le potassium dont la fraction, qui se trouve dans la solution témoin sous forme de sulfate, est ici fournie sous forme de phos-

phate tripotassique et de chlorure. Par contre, on note une augmentation des teneurs en calcium, surtout au stade jeune à 83 jours et pour les feuilles les plus récentes. Le magnésium étant assez peu modifié, la somme des cations $K + Ca + Mg$ est légèrement augmentée.

Le prochain article traitera des carences en K, Ca, Mg et présentera une conclusion d'ensemble.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.). Carences atténuées ou temporaires en éléments majeurs. Carence en oligo-éléments chez le bananier. *Fruits*, 1965, vol. 20, n° 10, p. 521-557.
- 2 - CHARPENTIER (J.M.) et MARTIN-PREVEL (P.). Carences et troubles de la nutrition chez le bananier. Guide de diagnostic pratique. Ed. IFAC, Paris 1968.
- 3 - DUMAS (J.). L'étude de la feuille du bananier pour échantillonner dans les essais et les plantations. in : *Nutrition minérale et engrais*, p. 54-57, Ed. IFAC, Paris, 1959.
- 4 - FREIBERG (S.R.). Banana nutrition, in : *Temperate to tropical Fruit Nutrition*, p. 77-100, Ed. by N.F. Childers, New-Brunswick, 1966.
- 5 - HEWITT (C.W.). Leaf analysis as a guide to the nutrition of bananas. *Emp. J. Exp. Agr.*, vol. 23, p. 11-16, 1955.
- 6 - HEWITT (C.W.) et OSBORNE (R.E.). Further field studies on leaf analysis of Lacatan bananas as a guide to the nutrition of the plant. *Emp. J. Exp. Agr.*, 1962, vol. 30, p. 249-256.
- 7 - LACOEUILHE (J.J.), MARTIN-PREVEL (P.), CHARPENTIER (J.M.) Etude des carences minérales chez l'avocatier II - Analyses foliaires. *Fruits*, 1968, vol. 23, n° 1, p. 31-43.
- 8 - LACOEUILHE (J.J.) et GODEFROY (J.). Un cas de carence en phosphore en bananeraie. *Fruits*, à paraître.
- 9 - MARTIN-PREVEL (P.) et CHARPENTIER (J.M.). Symptômes de carence en six éléments minéraux chez le bananier. *Fruits*, 1963, vol. 18, n° 4, p. 221-247 et *Fertilité*, n° 22, p. 15-50, 1964.
- 10 - MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). Dynamique de l'azote dans la croissance et le développement du végétal. *Fruits*, 1966, vol. 21, n° 6, p. 283-294.
- 11 - MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). Orientations du diagnostic foliaire du bananier. *Fruits*, 1969, vol. 24, n° 3, p. 153-161.
- 12 - MARTIN-PREVEL (P.), LACOEUILHE (J.J.) et MARCHAL (J.). Les éléments minéraux dans le bananier 'Gros Michel' au Cameroun. *Fruits*, 1968, vol. 23, n° 5, p. 259-269.
- 13 - MARTIN-PREVEL (P.) et MONTAGUT (G.). Les interactions dans la nutrition minérale du bananier. *Fruits*, 1966, vol. 21, n° 1, p. 19-36.
- 14 - MONTAGUT (G.), MARTIN-PREVEL (P.) et LACOEUILHE (J.J.). Nutrition minérale comparée dans six essais. *Fruits*, 1965, vol. 20, n° 8, p. 398-410.
- 15 - MONTAGUT (G.) et MARTIN-PREVEL (P.). Besoins en engrais des bananeraies antillaises. *Fruits*, 1965, vol. 20, n° 6, p. 265-273.
- 16 - MURRAY (D.B.). The effect of deficiencies of the major nutrients on growth and leaf analysis of the banana. *Trop. Agr.*, 1960, vol. 37, p. 98-106.
- 17 - SIMMONDS (N.W.). Bananas Ed. Longmans, Londres 1959.