

## ESSAIS SOL-PLANTE SUR BANANIERS

# UNE MÉTHODE D'ÉTUDE DE LA FERTILITÉ

par

**P. MARTIN-PRÉVEL****G. MONTAGUT****J. GODEFROY****J. LACŒUILLE***Institut Français de Recherches Fruitières Outre-Mer (I. F. A. C.).*

*Avec l'autorisation de l'Association internationale de Science du Sol, nous reproduisons intégralement ci-dessous la communication exposée par G. MONTAGUT à Bucarest, au VIII<sup>e</sup> Congrès international de la Science du Sol, sous le titre Bilan des engrais chez le Bananier sur différents sols des Antilles (cf. Fruits, vol. 19, n° 10, p. 583-592, novembre 1964).*

*Nous anticipons ainsi sur une série d'articles, consacrée à la publication des résultats complets d'un ensemble d'essais reposant sur une conception méthodologique nouvelle. La genèse et la mise en œuvre de cette méthode furent soumises à la critique des chercheurs français et européens, lors des Journées d'Études sur la Nutrition Minérale organisées par l'I. F. A. C. en 1963. La présente note en exposait les principes devant les spécialistes internationaux de la fertilité ; elle résume également les principales conclusions que l'on pouvait déduire de chaque essai, selon le degré d'avancement de son exploitation, courant 1964.*

En 1960, à l'initiative de F. COLMET-DÂAGE, Directeur du Bureau des Sols des Antilles, et sur l'impulsion de J. CHAMPION, chef du « Service Bananes » à l'I. F. A. C., la Section des Antilles de cet Institut a entrepris une expérimentation destinée à étudier d'une façon détaillée la nutrition minérale du bananier en fonction de son développement et des conditions pédo-climatiques. Cette étude allait fournir la base d'une conception élargie de la méthode du diagnostic foliaire, que nous avons exposée par ailleurs (8).

Conçu par LAGATU et MAUME (5), il y a près de 40 ans, pour l'étude de la nutrition minérale de plantes pérennes croissant dans des milieux éco-pédologiques variés, le diagnostic foliaire s'applique en effet difficilement aux plantes herbacées à croissance rapide ; parmi celles-ci le bananier, avec son cycle de développement indépendant des saisons, est particulièrement défavorisé.

Le diagnostic foliaire du bananier est possible à condition d'être pratiqué au moment de la récolte du régime (3) (4) ; mais les progrès de la technique culturale, tendant à l'intensification de la production et partant à la diminution de la durée des bananeraies avec resserrement des cycles, le rendent plus compliqué (interaction entre saisons et stades de développement) et lui font perdre de son intérêt pratique.

Il importait donc de reconsidérer dans son fond le problème de l'appréciation de l'état nutritif du bananier dans son milieu naturel. Un caractère essentiel de celui-ci est le type de sol et son état du moment. Notre objectif peut donc s'exprimer ainsi : *rechercher ce que signifient pour la plante les fluctuations des éléments dans le sol, tels qu'ils y sont déterminés par des analyses nécessairement conventionnelles.* Il s'agit donc, pour le physiologiste, non pas de suivre un organe dit représentatif, mais de déterminer à intervalles réguliers les

éléments absorbés par l'ensemble de la plante ; parallèlement, le pédologue étudie l'évolution, sous l'effet du climat et des apports d'engrais, des formes présumées assimilables de ces éléments. D'où le nom d'*Essais Sol-Plante* donné à ce type de travaux qui comporte, à côté des analyses périodiques de la plante et du sol, l'étude des facteurs climatiques.

Ces essais fondamentaux ont été entrepris dans le cadre d'un problème particulier posé à la Section

I. F. A. C. des Antilles, celui du « dégrain » : une mauvaise qualité saisonnière des bananes produites dans certaines zones, d'origine au moins en partie physiologique. Il était possible de relier ces deux questions en installant des essais par couples, l'un dans une zone exempte de dégrain (70 à 250 m d'altitude), l'autre dans une zone sensible (bords de mer exposés aux vents alizés, jusqu'à 40 m d'altitude).

## EXPÉRIMENTATION

### 1. Dispositif statistique.

Pour mener à bien de tels essais, un dispositif expérimental nouveau a été mis au point par P. Lossois, chef du Service de Biométrie de l'I. F. A. C. (6). Le problème était de sélectionner des bananiers véritablement représentatifs d'une population donnée, mais en nombre aussi restreint que possible et sur une surface limitée ; ceci pour des raisons pratiques : difficulté d'échantillonner en entier une plante comme le bananier, capacité d'analyse des laboratoires, hétérogénéité des terrains, surveillance des champs d'essai, etc.

A la suite d'études antérieures sur la distribution des différents caractères biométriques dans les populations de bananiers, qui suivent une loi voisine de celle de Laplace-Gauss, un choix judicieux du matériel végétal autorisait à pratiquer chaque échantillonnage sur *six répétitions comportant un seul bananier chacune* (contre 36 bananiers observés par parcelle dans les

essais agronomiques classiques). Les observations biométriques étant réalisables au jour le jour sur la totalité des populations étudiées (longueur et largeur des feuilles émises, circonférence du pseudo-tronc), il est possible à tout moment d'établir la distribution gaussienne de chacune de ces caractéristiques et de choisir six bananiers représentatifs, qui soient en même temps comparables aux bananiers des sélections passées ou à venir. Mieux, les critères de sélection établis par P. Lossois permettent d'opérer ce choix plusieurs mois à l'avance et, par suite, de *prélever des échantillons de sol au pied des six bananiers désignés pour le prochain échantillonnage de plante*. Ce mode de sélection est un rouage essentiel de la méthode des Essais Sol-Plante.

### 2. Échantillonnages et analyses.

a) *Sol*. — Prélèvements tous les 15 jours ; l'échantillon est constitué par le mélange de 8 carottes préle-

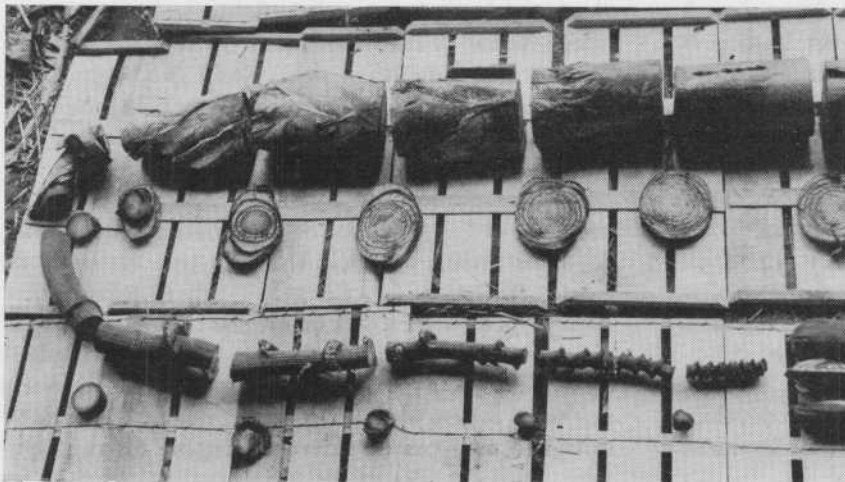


PHOTO 1. — Vue d'ensemble de l'échantillonnage de la souche du faux tronc et de la hampe libre.

vées de 45° en 45° autour du bananier et à des distances variables de celui-ci.

Sur chacun des six échantillons on détermine :

- azote nitrique et azote ammoniacal,
- azote total,
- $P_2O_5$  assimilable,
- bases échangeables,
- pH.

b) *Plante*. — Arrachage tous les deux mois environ, de la plantation jusqu'à la récolte, de six bananiers choisis au moment du précédent prélèvement. Ils sont dépecés en leurs principaux organes, chacun de ceux-ci

est pesé et l'on en tire un aliquot représentatif comme échantillon à analyser (cf. photos 1 et 2).

N, P, K, Ca et Mg sont ainsi déterminés séparément sur les racines, rhizomes, pseudo-troncs, pétioles + nervures centrales, limbes, hampes fructifères, bananes, fleurs mâles, rejets, etc., de chacun des six bananiers.

c) *L'expérimentation complète* comprenait six essais, sur divers types de sols volcaniques, dont quatre ont été poursuivis sur un deuxième cycle de végétation. Environ 1 000 échantillons de sol et 6 000 échantillons végétaux ont été analysés, provenant de 330 bananiers dépecés.

## RÉSULTATS

Nous ne présentons pas ici la totalité des chiffres obtenus : ce n'est pas la connaissance du bananier qui intéresse en premier lieu cette communication, mais la méthode que nous employons pour *étudier la fertilité de divers sols vis-à-vis d'une plante déterminée*. Nous exposerons donc ici cette méthode en détaillant un exemple, celui du potassium dans l'un des trois couples d'essais.

Dans le chapitre suivant, nous indiquerons quelques points mis en évidence au cours d'une première étude des données fournies par ces essais, réalisés dans six pédo-climats différents.

### 1. Exemple de représentation graphique des bilans détaillés.

Les résultats d'analyses de sol sont directement transposables en masses d'éléments fertilisants, car on peut admettre une fois pour toutes que chaque bananier a à sa disposition environ une tonne de terre, avec le dispositif de plantation à 2 m × 2 m adopté dans ces essais.

Il n'en va pas de même des analyses de plantes puisqu'elles sont réalisées organe par organe et que le poids de chacun de ceux-ci, tout comme le poids du bananier

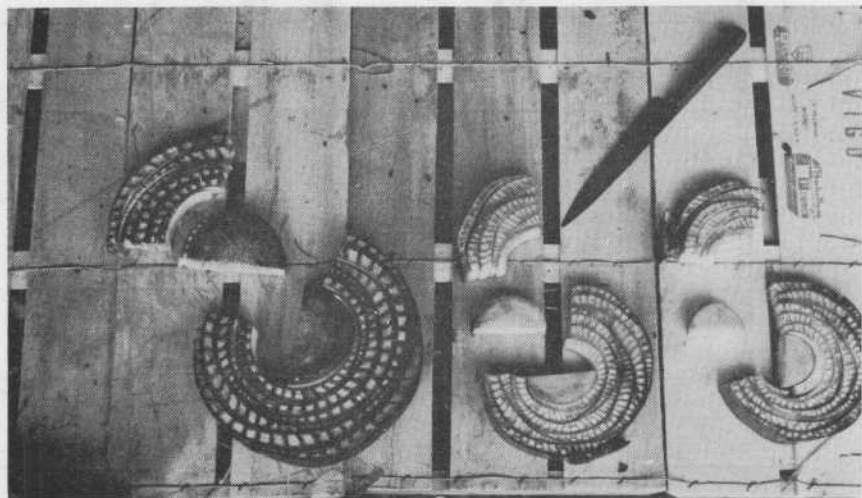
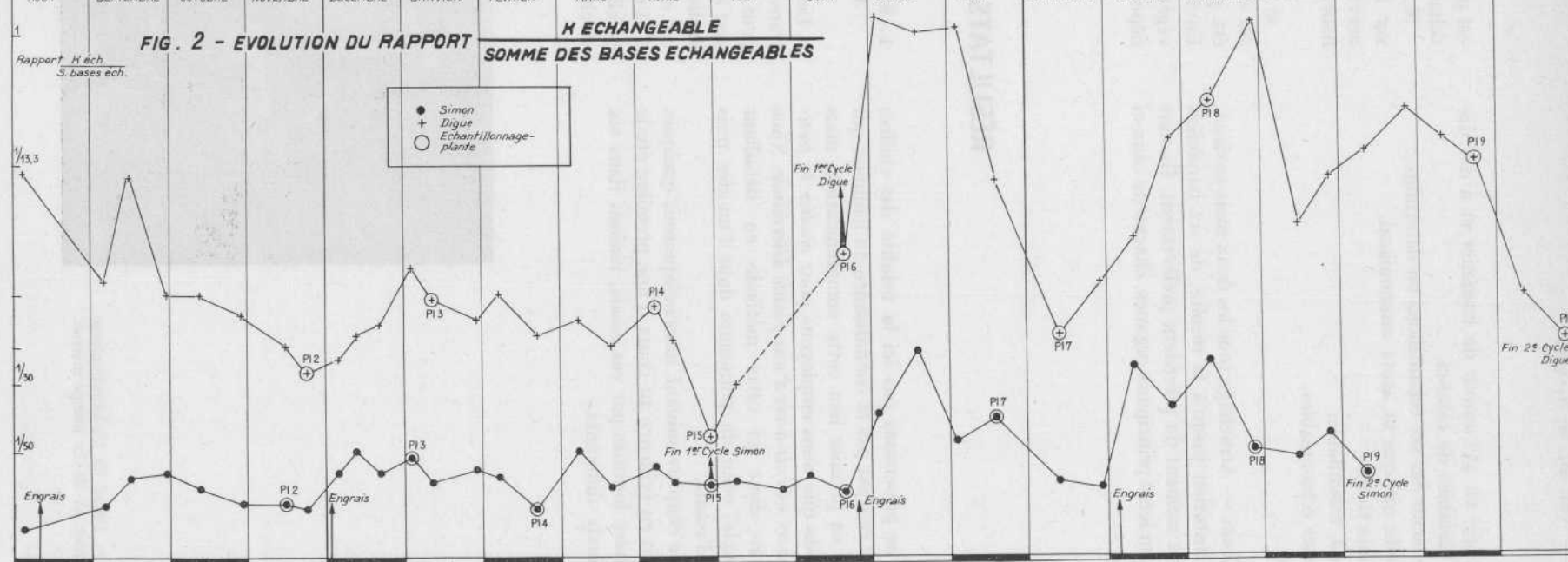
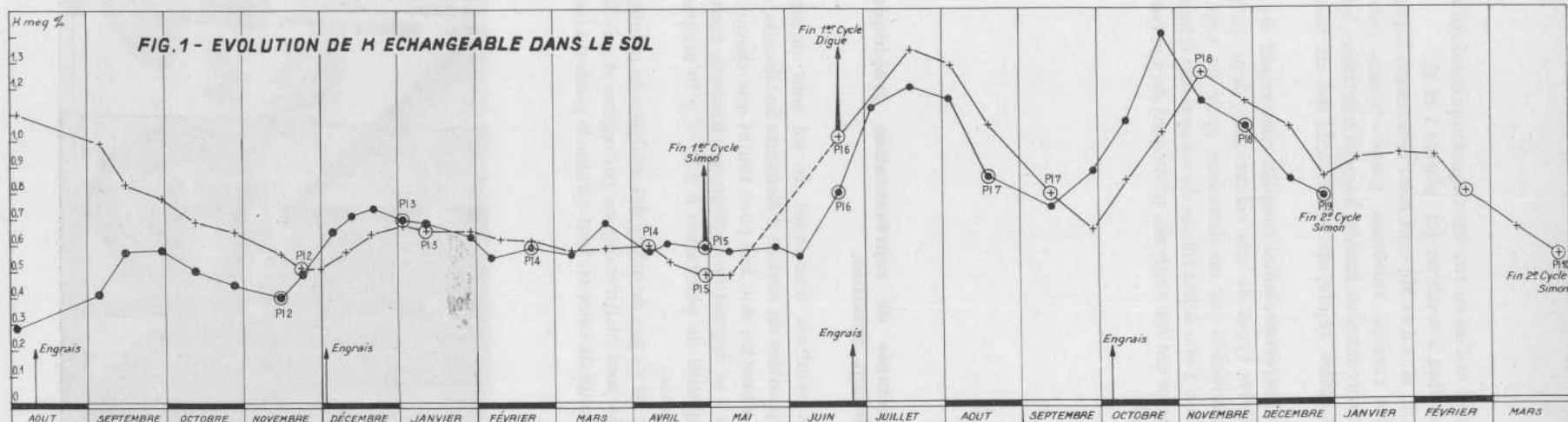


Photo 2. — Détail de l'échantillonnage du faux tronc et de la hampe interne.



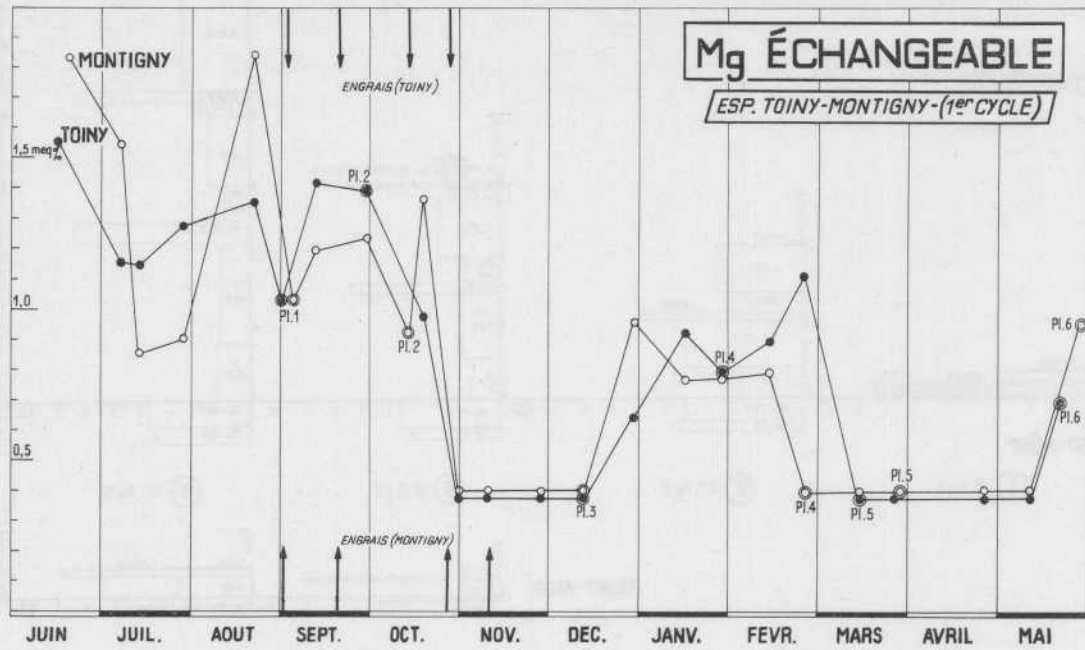


FIG. 3.

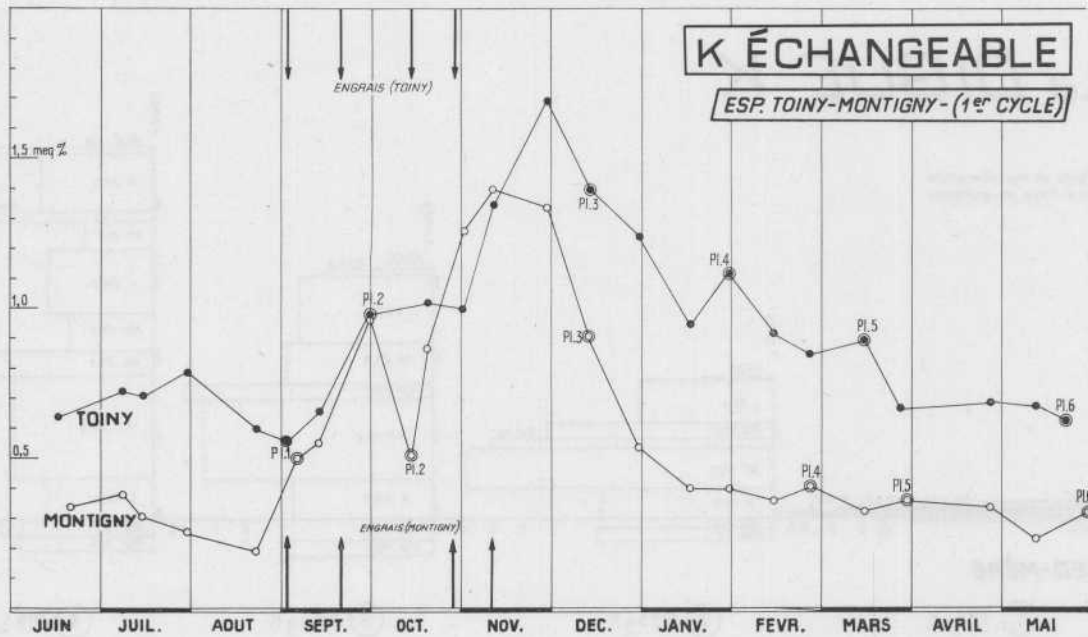


FIG. 4.

entier, varie grandement d'un cas à un autre. Nous avons donc imaginé un mode de représentation graphique dans lequel les poids (de matière sèche) des divers organes figurent en ordonnées, les uns à la suite des autres, et les teneurs de ces organes en abscisses. On voit ainsi d'un seul coup d'œil sur nos graphiques (fig. 5 et 6) que :

- les bananiers du Simon ont une croissance et un développement plus rapides, et atteignent un poids total de matière sèche plus élevé que ceux de la Digue ;
- ils sont beaucoup plus pauvres en potassium, mais la différence relative de teneur est plus ou moins accusée suivant l'organe que l'on considère. De plus, la masse de potassium contenue dans un bananier du

# SIMON K

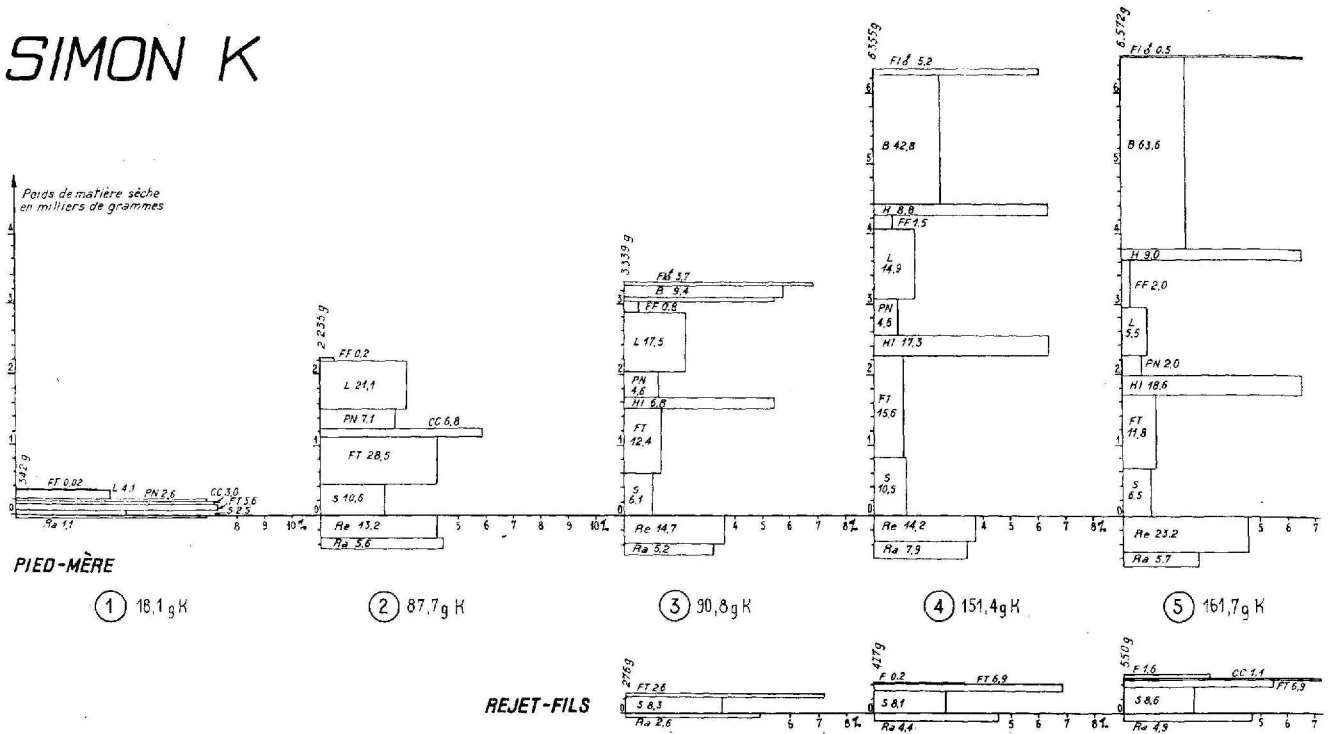


FIG. 5. — Parcelle de bord de mer. Teneur en potassium des bananiers

# La DIGUE K

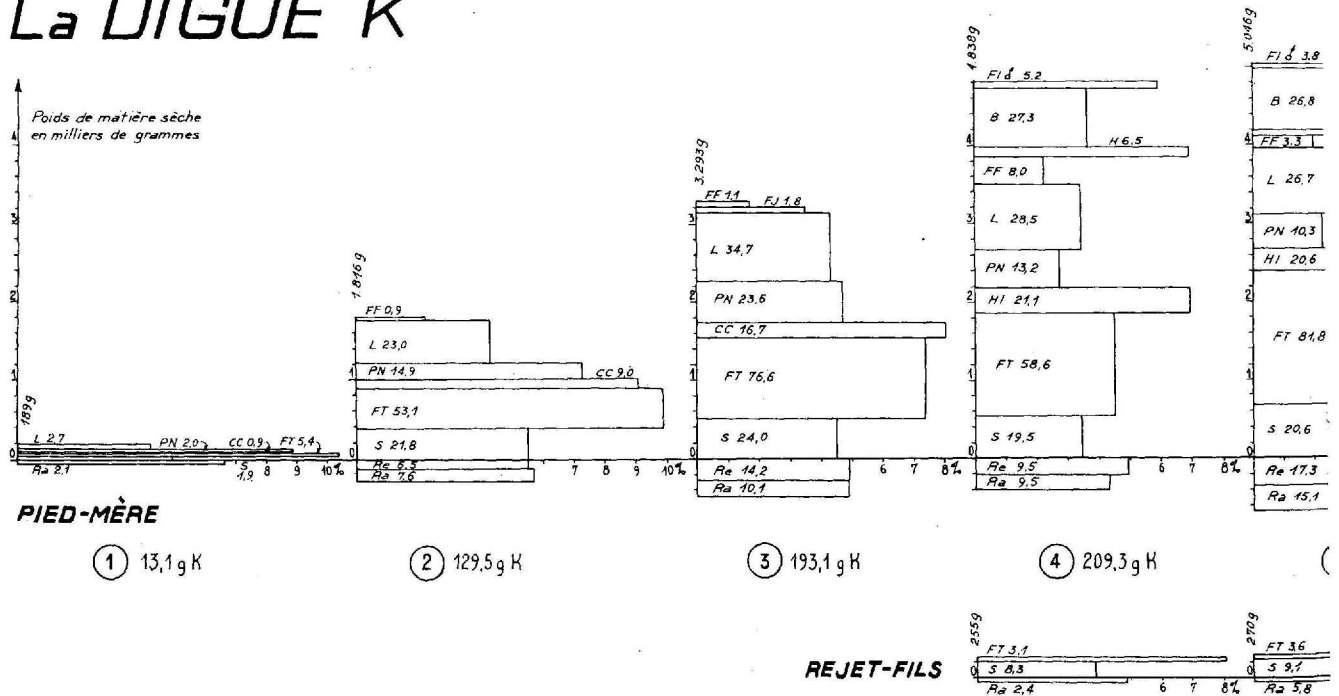
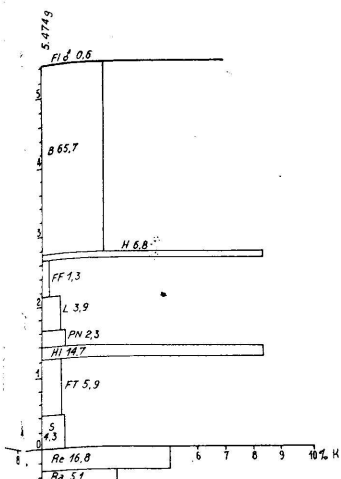
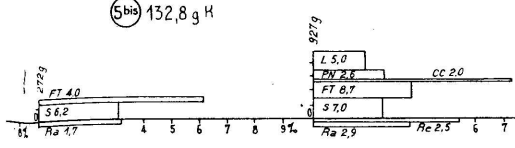


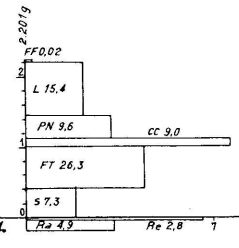
FIG. 6. — Parcelle d'altitude. Teneur en potassium des bananiers a



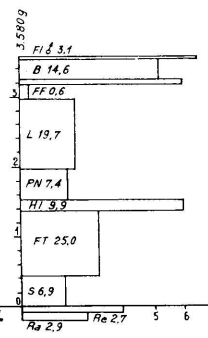
5 bis) 132,8 g K



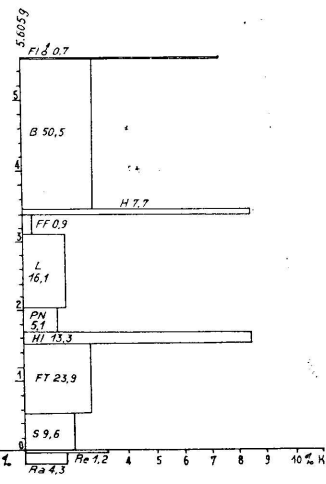
6) 28,1 g K



7) 70,8 g K



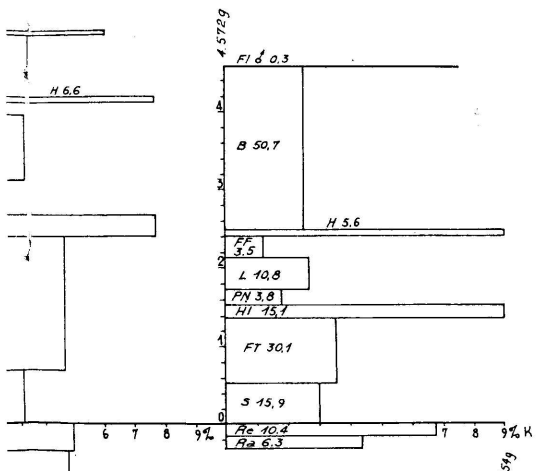
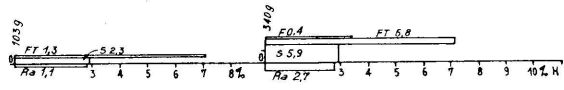
8) 97,6 g K



9) 142,7 g K

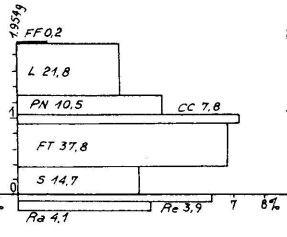
rs aux premier et deuxieme cycles.

REJET-FILS

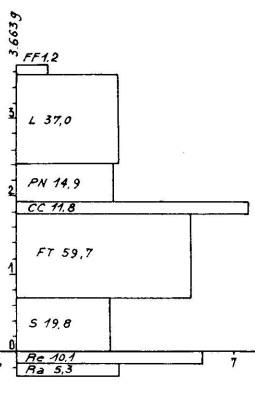


5) 231,1 g K

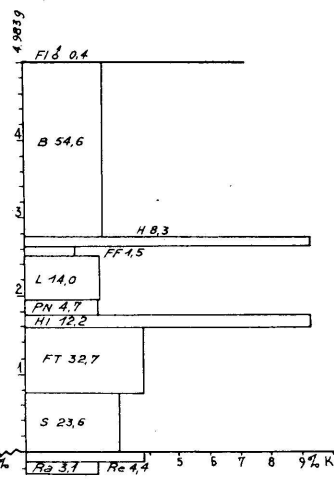
6) 152,1 g K



7) 96,7 g K



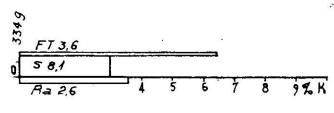
8) 154,8 g K



10) 168,6 g K

ux premier et deuxieme cycles.

REJET-FILS



Simon, masse proportionnelle à la surface couverte par l'empilement des rectangles représentant ses différents organes, apparaît inférieure à la masse de potassium contenue dans un bananier de la Digue ; comme les doses d'engrais étaient analogues dans les deux cas, cela traduit un bilan potassique des relations Sol-Plante défavorable dans le cas du Simon.

## 2. Résumé des autres données analytiques.

L'ensemble de nos résultats « plante » se traduirait par 30 graphiques semblables à ceux du potassium

dans le couple Digue-Simon (5 éléments dans 3 couples). Pour alléger, nous nous contentons de donner dans le tableau II les teneurs des trois organes s'étant avérés les plus intéressants, en nous y limitant au stade physiologique le mieux défini, à savoir celui de la récolte du régime.

Parallèlement, le tableau I résume, sous une forme statique, les traits dominants des résultats « sol » ; leur aspect détaillé et évolutif est présenté dans le cas du potassium et du rapport K/S à la Digue et au Simon (figures 1 et 2) du potassium et du magnésium à Toiny et à Montigny (fig. 3 et 4).

TABLEAU I  
CARACTERISTIQUE DES SOLS DES SIX ESSAIS.

	SIMON	DIGUE	TOINY	MONTIGNY	ROSEAU	NEUFCHATEAU
Argile	60-63 %	52-53 %	10-12 %	8-10 %	35-45 %	8-10 %
Sable	12-14	16-19	60-70	60-85	20-27	55-61
Limons	15-16	22-23	15-20	15-20	24-29	17-19
pH	5,5-6,0	5,0-5,5	5,5-6,0	4,8-5,4	5,2-5,8	4,7-5,3
N total	1,5 o/oo	2,0 o/oo	2,7 o/oo	5,6 o/oo	2,5 o/oo	5,6 o/oo
K éch.	0,5-1,2 meq %	0,2-0,6 meq %	0,6-0,7 meq %	0,2-0,4 meq %	0,8-1,6 meq %	1 meq %
Ca éch.	20 meq %	6 meq %	3 meq %	1,5 meq %	5,5-7,5 meq %	2,5-7,0 meq %
Mg éch.	17 meq %	6 meq %	1,2 à < 0,4 meq %	0,8 meq %	2 meq %	0,8 meq %
Na éch.	1,6 meq %	0,3 meq %	0,8 meq %	1 meq %	0,2-0,6 meq %	0,2 meq %
S bases éch.	38-45 meq %	12-15 meq %	4,5 meq %	3 meq %	9-10,5 meq %	4,5-9,5 meq %
K/S	1/50 à 1/100	1/13 à 1/30	1/7,5 à 1/12	1/12 à 1/25	1/8 à 1/6,5	1/9,5 à 1/4,5
K/Mg	1/30 à 1/15	1/4 à 1/10	1/2 à 1/1	1/5 à 1/2	1/1,25 à 1/2,5	1/1,25 à 1/0,66
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assim.	0,12 o/oo	0,04 o/oo	0,2 o/oo	0,1 o/oo	0,02 à 0,10 o/oo	0,02 à 0,05 o/oo

TABLEAU II  
TENEURS EN N, P, K, Ca, Mg (% DE MATIERE SECHE), DES LIMBES, NERVURES ET FAUX-TRONCS AU STADE DE LA RECOLTE DU REGIME

	N						P						* NB : les chiffres de Neufchâteau concernent le 2ème cycle, le 1er ayant été détruit par un cyclone au moment de l'échantillonnage au stade récolte. S : SIMON, D : DIGUE, T : TOINY, M : MONTIGNY ... (Martinique) R : ROSEAU, N : NEUFCHATEAU ... (Guadeloupe).
	S	D	T	M	R	N*	S	D	T	M	R	N*	
Limbes	2,06	2,26	2,36	2,21	2,38	2,54	0,218	0,200	0,142	0,133	0,140	0,151	
Nervures centrales et pétioles	0,71	0,70	0,96	1,00	0,62	0,86	0,131	0,073	0,067	0,065	0,061	0,057	
Faux-troncs	0,75	0,95	1,21	1,03	0,90	0,97	0,169	0,085	0,075	0,071	0,090	0,074	

	K						Ca						Mg					
	S	D	T	M	R	N*	S	D	T	M	R	N*	S	D	T	M	R	N*
Limbes	0,88	2,61	2,63	3,20	1,86	2,88	1,86	1,05	1,53	0,92	1,49	0,99	0,89	0,60	0,21	0,12	0,46	0,10
Nervures centrales et pétioles	0,85	1,76	4,21	4,72	1,46	2,95	2,56	1,80	2,85	1,68	2,37	2,85	1,84	1,05	0,32	0,11	0,60	0,04
Faux-troncs	0,96	3,82	7,21	7,02	3,86	4,60	1,23	1,16	2,36	1,54	1,38	1,48	2,74	1,50	0,25	0,07	0,67	0,03

## DISCUSSION

### 1. Couple d'essais Simon-Digue.

a) *Données agronomiques.* — Ces deux plantations sont situées dans le Sud-Est de la Martinique, zone à saison sèche accusée durant 2 à 3 mois, avec une pluviométrie annuelle de 1 800 à 2 000 mm. Le Simon est situé en bordure de mer et au niveau de celle-ci ;

la Digue est à 3 km de là, sur une hauteur, vers 70 m d'altitude. Les précipitations y sont un peu plus importantes avec cependant un déficit pendant la saison sèche ; l'insolation y est moindre. Les bananiers cultivés ici appartiennent au cultivar 'Grande Naine'.

Au Simon, ces bananiers ont un cycle très court,



avoisinant 10 mois ; les bananiers sont plutôt petits et cependant la productivité est bonne. Mais à partir de la reprise des pluies, les fruits sont de mauvaise qualité, tiennent mal en mûrisserie et subissent un fort dégrain (allongement et faiblesse des pédicelles). Par contre, la Digue ne connaît aucun de ces phénomènes, la qualité est constamment bonne mais les bananiers ont une productivité nettement inférieure et un cycle d'environ 12 mois. C'est l'ensemble de ces caractères qui nous a fait choisir ces deux emplacements pour les deux premiers essais Sol-Plante.

b) *Le sol de Simon* (cf. tableau I) est constitué d'argile montmorillonitique peu évoluée ; il est peu perméable et colmate facilement. Il présente une bonne richesse en matière organique ; sa teneur en azote total n'est pas très élevée, mais satisfaisante, de même que la vitesse de minéralisation.

L'azote minéral y subit des variations, surtout en rapport avec les épandages d'engrais : augmentations brutales suivies, un mois après, d'une retombée tout aussi rapide au niveau initial ; les deux formes, nitrrique et ammoniacale, varient sensiblement de la même façon, avec une légère prédominance de  $\text{NH}_4^+$  sur  $\text{NO}_3^-$ .

$\text{P}_2\text{O}_5$  assimilable semble varier lui aussi, en relation avec les apports d'engrais.

Le caractère dominant de ce sol montmorillonitique est sa teneur en bases échangeables : environ 40 meq % au total, avec des teneurs en Ca et Mg échangeables très élevées. Mais il est bien pourvu en potassium échangeable : 1 meq %.

c) *Les bananiers du Simon* présentent des teneurs en N et P qui s'avèrent normales lorsqu'on les compare avec celles des autres essais (cf. tableau II), et varient peu. Mais les teneurs en K sont très faibles, comme nous l'avons observé au chapitre précédent ; seule celle du fruit est analogue aux teneurs de cet organe observées dans les autres essais et dans nos travaux antérieurs (7) : les organes végétatifs se vident entièrement de leur potassium au profit du fruit. En compensation, ils sont très riches en calcium et davantage encore en magnésium : jusqu'à 2 et 3 fois plus que la Digue, elle-même déjà plutôt excédentaire en magnésium.

Nous savions que le bananier est un énorme consommateur de potasse (5 à 7 kg de  $\text{K}_2\text{O}$  par tonne de fruits produite). Mais dans le cas présent le sol est largement pourvu en cet élément. La carence en potassium que l'on observe a donc pour cause l'antagonisme exercé par le calcium et surtout le magnésium sur l'absorption du potassium ; sur un sol de montmorillonite, le rapport

*K échangeable/Somme des bases échangeables, reste donc déterminant pour le bananier même aux hauts niveaux de potassium* (cf. tableau 1 et figure 2).

L'examen du feuillage confirme du reste les résultats analytiques : on observe dans les cas les plus graves des symptômes typiques de la carence potassique (fanaison brutale des basses feuilles avec cassure du pétiole ou recroquevillement de la nervure centrale) et du « Bleu de défrichement » (jaunissement puis nécrose des bords du limbe, dû à une déficience potassique par excès de magnésie), tels qu'on les a réalisés artificiellement ou déterminés sur le terrain en Afrique (9). Ces symptômes sont ici probablement compliqués par des brûlures sodiques.

d) *La Digue* a un sol comparable à celui du Simon (argile montmorillonitique peu évoluée), bien que de couleur plus rouge et légèrement plus riche en matière organique. Là aussi l'azote organique minéralise bien et  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NH}_4^+$  varient sous la dépendance des apports d'engrais. Mais le pH est un peu plus acide ; les teneurs en Ca et Mg échangeables sont beaucoup moins élevées qu'au Simon, et bien que la teneur en K échangeable soit plutôt inférieure, les bananiers s'avèrent beaucoup mieux nourris en potassium (cf. graphique 2) : il faut en voir la cause dans la proportion de K par rapport à l'ensemble des bases échangeables, voisine de ce que l'on admettait comme normal dans les sols de bananeraies étudiés précédemment, en général de type fort différent et plutôt pauvres en potasse.

Les bananiers ont des teneurs en N et P, dans leurs divers organes, voisines de celles du Simon ; et, nous l'avons déjà mentionné, des teneurs en K 2 à 3 fois plus élevées et en Ca et Mg 2 à 3 fois moins élevées selon les organes, fruits exceptés.

e) *Conclusion*. — Ces différences de composition cationique sont à rapprocher du comportement dissemblable des deux plantations, placées dans des conditions naturelles très voisines ; il y a peut-être là une des causes de la mauvaise qualité saisonnière des bananes produites dans la région du Simon.

Les quantités d'éléments K, Ca, Mg, mobilisées par le bananier, sont étroitement régies par les bases échangeables du sol, non pas en valeur absolue (le sol du Simon contient largement assez de potassium échangeable pour satisfaire aux besoins du bananier) mais dans leurs proportions entre elles.

## 2. Couple d'essais Toiny-Montigny.

a) *Situation géographique et climat*. — Ces deux plantations sont situées au Nord de la Martinique, sur la

côte atlantique. Cette région jouit d'une pluviosité bien répartie, sans saison sèche marquée ; ceci, joint à la régularité du relief et aux qualités physiques du sol, en fait une zone très favorable aux cultures en général et à celle de la banane en particulier. Les rendements sont parmi les plus élevés de l'île ; la qualité est excellente : il n'y a jamais de dégrain.

Toiny se trouve dans la zone de basse altitude, 40 m au-dessus du niveau de la mer, et reçoit 2 m de pluie par an. Montigny est à environ 150 m d'altitude et les précipitations y atteignent 2,5 m. Ces deux essais sont distants de 3 km sur une même ligne de pente du versant Est de la Montagne Pelée, qui descend vers la mer en pente douce et régulière. Les sols sont de formation identique, dus à la dégradation d'une même nappe de cendres volcaniques récentes, et les différences que nous constatons entre les deux situations proviennent donc des variations climatiques liées à l'altitude (pluviosité principalement).

b) *Végétation*. — Presque toutes les plantations de la région présentent, à des degrés variables mais en général faibles, des *symptômes saisonniers de chlorose foliaire* : jaunissement de la partie submarginale du limbe (ou de la partie médiane, entre la nervure centrale et la périphérie) avec épaissement des nervures secondaires, parfois apparition de veinures violacées sur les pétioles et jaunissement de ceux-ci. Ces symptômes rappellent fortement la « chlorose magnésienne » et le « bleu du bananier » observés en Afrique (1), (9). Ils apparaissent ici avec quelque acuité vers la fin de la saison la moins humide mais ne persistent que quelques mois. Mais les plantations établies n'en semblent pas sensiblement affectées, puisqu'on enregistre une très haute productivité dans cette région. Il ne semble y avoir quelque danger que pour les jeunes plantations qui présentent les symptômes décrits lorsqu'elles traversent leur première saison sèche et subissent alors un certain retard ; les plantations déjà adultes à l'époque dangereuse ne paraissent en général pas souffrir.

Cependant, si Toiny a suivi cette règle et n'a présenté que de bénignes chloroses foliaires limitées à une époque restreinte, Montigny a manifesté des symptômes beaucoup plus accentués avec persistance de « bleu » sur les pétioles en toutes saisons ; la végétation y est beaucoup moins bonne, le cycle végétatif long (13 mois en moyenne) et la productivité faible.

Il s'agit cette fois, dans les deux cas, du cultivar 'Poyo'.

c) *Les sols*. — Ce sont donc tous deux des sols jeunes sur ponce, à texture sablo-limoneuse. Le pourcentage de ponce est plus élevé à Montigny, ce qui modifie les

caractéristiques hydriques (rétention d'eau accrue) ; par ailleurs (tableau 1) le pH y est plus acide, le pourcentage d'argile légèrement plus faible ; les teneurs en matière organique et en azote total déjà importantes à Toiny sont doubles à Montigny.

L'azote minéral subit à Toiny de grandes variations au cours de l'année, en relation avec les apports d'engrais, et la forme  $\text{NH}_4^+$  prédomine largement. Le sol de Montigny semble posséder un certain pouvoir tampon vis-à-vis de l'azote minéral, les variations de l'azote nitrique y sont de moindre amplitude.

La fraction argileuse de ces sols est à base de kaolinite et les teneurs en bases échangeables sont faibles, sans commune mesure avec celles de Digue et Simon. A Toiny, elles subviennent cependant aux besoins du bananier ; le potassium échangeable présente des variations en rapport avec les épandages d'engrais mais reste toujours à un niveau assez élevé ; le magnésium échangeable subit des baisses saisonnières, pendant l'hivernage et pendant la saison relativement sèche, les teneurs passant de 1,2 à moins de 0,4 meq % ; le rapport K/Mg échangeables atteint alors des valeurs très élevées, dépassant l'unité. A Montigny, la teneur en bases échangeables est encore plus faible (tableau 1) ; K et Mg subissent les mêmes écarts qu'à Toiny, aux mêmes périodes, et le rapport K/Mg échangeables atteint également des valeurs très élevées (fig. 3 et 4).

d) *Composition de la plante*. — Les teneurs des divers organes des bananiers reflètent assez bien les phénomènes observés et les données pédologiques. Si les niveaux de N et P y sont du même ordre que dans le couple d'essais Simon-Digue, les écarts avec celui-ci pour les teneurs en cations sont considérables, attestant une extrême malléabilité de cette plante. Les bananiers de Toiny sont en moyenne deux fois plus riches en K que ceux de la Digue, moitié plus riches en Ca et trois à six fois moins riches en Mg (cf. tableau II). On conçoit que cette plantation présente par moments des symptômes de déficience magnésienne. Cependant, la nutrition magnésienne des divers organes au stade récolte reste supérieure à ce que nous avons observé en Guinée (7), sur des bananiers non atteints de « bleu » quoique sans doute prédisposés à cette anomalie.

A Montigny, où l'aspect des bananiers prouve que le seuil critique est largement dépassé, les teneurs en magnésium au stade récolte tombent à des niveaux encore deux à trois fois inférieurs à ceux de Toiny, sans être toutefois nettement inférieurs à ceux de Guinée ; Ca revient au niveau de la Digue, inférieur à la Guinée ; et K augmente sensiblement par rapport à Toiny.

e) *Conclusion.* — Les travaux de F. DUGAIN en Afrique (2) ont montré que, dans les types de sol étudiés par lui, lorsque le « bleu » apparaissait et faisait dépérir les bananiers, le rapport K/Mg échangeables dépassait 0,25. Ce rapport est ici nettement supérieur, à Toiny aussi bien qu'à Montigny, mais seuls les bananiers de ce dernier souffrent de « bleu » et reflètent dans leur composition le déséquilibre K/Mg du sol. Il faut noter que la déficience magnésienne est toujours aggravée dans cette région lorsque les conditions naturelles du sol ou des façons culturales erronées (buttage excessif) nuisent aux racines, et c'était le cas à Montigny ; cela ne fait que renforcer la nécessité de réviser la norme établie pour les sols africains par DUGAIN. Notons également que le sol de Toiny est plus riche en calcium échangeable que celui de Montigny, et cela se retrouve dans les bananiers ; nous reviendrons sur ce point à propos de Neufchâteau.

### 3. Couple d'essais Roseau-Neufchâteau.

a) *Généralités.* — Il s'agit d'un couple mis en place, cette fois, en Guadeloupe, où la culture bananière présente les mêmes caractéristiques et les mêmes problèmes qu'en Martinique. Les deux essais sont situés sur la côte Atlantique, soumise aux alizés, et portent sur le cultivar ' Poyo ', seul représenté en Guadeloupe. Roseau est en bordure immédiate de la mer et au niveau de celle-ci ; il reçoit environ 1 800 mm de pluie, avec 3 mois de saison sèche. Les bananiers y ont habituellement un cycle court, un développement médiocre et des rendements faibles. De même qu'au Simon, la qualité des fruits est mauvaise pendant la saison pluvieuse. Une sécheresse exceptionnelle a en outre sévi pendant la durée de l'essai, retardant considérablement la végétation (cycle de 14 mois) sans amélioration de la qualité, bien au contraire.

Neufchâteau est en altitude (250 m). Les précipitations y sont fortes : 3 500 mm ; la nébulosité presque constante. Les bananiers ont un cycle assez long (12 mois) ; ils sont vigoureux et donnent de bons rendements avec une excellente qualité.

b) *Les sols* (cf. tableau 1). — Roseau est sur un sol ferrugineux colluvial, de texture argileuse à argilo-limoneuse. Son pH varie autour de 5,5 avec comme d'habitude un minimum en période pluvieuse et un maximum en période relativement sèche. Ce sol est bien pourvu en matière organique. Les variations, importantes, de l'azote minéral, semblent plus saisonnières et moins liées aux apports d'engrais qu'en Martinique.

Parmi les bases échangeables, K montre des variations importantes liées aux épandages d'engrais. D'un cycle à l'autre, la teneur en K échangeable augmente, ce qui est normal, la culture précédente, en l'occurrence la canne à sucre, étant appauvrissante pour cet élément : le cas est identique au Simon. Mais dès le début, le niveau potassique du sol est en théorie suffisant pour les besoins du bananier. Les teneurs en Mg échangeable sont fortes, 2 meq %, et le calcium échangeable subit des variations saisonnières liées à celles du pH : maximum en saison sèche, minimum durant les pluies.

A Neufchâteau, il s'agit d'un sol à allophane humifère d'altitude, de texture sableuse selon la classification française. Sa teneur en matière organique est élevée ; les variations de l'azote minéral sont saisonnières. Le pH est de l'ordre de 5 avec les mêmes fluctuations saisonnières qu'à Roseau.

La teneur moyenne en K échangeable est de l'ordre de 1 meq %, avec des variations passagères lors des épandages d'engrais. Mais Mg échangeable atteint à peine 1 meq % lui aussi. Le calcium échangeable subit des variations en rapport avec la pluviosité : maximum en saison sèche, minimum en saison des pluies.

c) *Nutrition du bananier à Roseau.* — Comme dans les essais de Martinique, N et P apportent à première vue peu d'informations intéressantes dans ces deux essais. De plus, Roseau a été tellement perturbé par la sécheresse qu'on ne sait au juste quelle valeur y attribuer aux résultats de K, Ca et Mg. La tendance à la déficience potassique qui s'y manifeste (tableau II), malgré la grande richesse du sol en cet élément, est compensée par une absorption accrue de calcium et, à un moindre degré, de magnésium. Mais nous ne pouvons conclure à un antagonisme certain comme dans le cas du Simon, car les rapports entre cations échangeables sont ici très favorables au potassium : l'argile de Roseau retient le potassium, échangeable à l'acétate d'ammonium, encore plus énergiquement que les autres montmorillonites, soit qu'il s'agisse d'un type particulier de ce minéral, soit plus probablement que la sécheresse excessive en soit la cause.

d) *Nutrition du bananier à Neufchâteau.* — Le trait dominant des bananiers de Neufchâteau est leur extrême pauvreté en magnésium, notablement plus accentuée que celle de Montigny. Pourtant, si le feuillage des bananiers de cette zone présente à certaines époques de l'année des chloroses submarginales caractéristiques d'un état de déficience magnésienne larvé, comme dans la région de Toiny, les plantes sont magnifiques et ne souffrent jamais du « bleu » sur ce sol au rapport K/Mg échangeables dépassant l'unité.

Les teneurs en potassium des divers organes sont élevées, mais moins qu'à Montigny ; à première vue, il y aurait là une explication partielle à l'absence de « bleu », ce dernier étant considéré essentiellement comme l'effet d'un déséquilibre potassium-magnésium.

En fait, ce déséquilibre demeure ; le déficit de potassium est tout relatif puisque les bananiers de Neufchâteau sont mieux alimentés en cet élément que ceux de la Digue ; le rapport K/Mg dans les pétioles et nervures centrales, siège des manifestations de « bleu », y dépasse 60 contre environ 40 à Montigny, 10 à 13 à Toiny et en Guinée. Mais la nutrition calcique, assez large dans tous les organes à Neufchâteau, y est très élevée

précisément dans les pétioles et nervures centrales. Il faudrait donc admettre qu'une grande quantité de calcium peut, dans cette partie de la plante, se substituer pour une part au magnésium. Développer ces considérations déborderait le cadre des objectifs du Congrès ; retenons seulement que le « bleu » ne peut plus être considéré comme un simple déséquilibre binaire, mais que le calcium intervient également.

L'examen des teneurs du sol de Neufchâteau en bases échangeables confirme ce point de vue déjà présenté à propos de Toiny et Montigny, et du reste complète, sans l'invalider, l'opinion de DUGAIN.

## CONCLUSION

En interprétant très partiellement les six essais entrepris, nous avons déjà pu tirer des enseignements importants de cette étude conjointe du sol et de la plante. En ce qui concerne la nutrition du bananier, elle a permis de déceler, dans certaines des zones de culture étudiées, des états de déficience ou de déséquilibre qui n'apparaissent pas à l'œil, ou de confirmer des symptômes déjà connus. Elle a apporté des précisions sur les interactions entre K, Ca et Mg dans le complexe échangeable du sol et dans leur absorption par la plante, en relation avec ces anomalies de végétation.

D'un point de vue méthodologique général, la technique des Essais Sol-Plante tient à la fois du diagnostic foliaire et des procédés d'étude de la fertilité par culture de plantes-réactifs, dont elle combine les avantages respectifs. Elle emprunte au premier les prélèvements opérés *in situ*, dans les conditions normales d'équilibre du sol résultant de la pratique agronomique, et sur la plante cultivée elle-même : elle fournit donc une image de la *fertilité réelle*. Comme les seconds, elle donne directement des évaluations en quantités d'éléments par plante ou par hectare : elle établit ainsi le *bilan effectif* des engrais apportés et des richesses du sol.

Mais nous ne nous contentons pas d'un bilan global et statique, comme dans la méthode si justement critiquée qui consiste à analyser en bloc la plante entière ou ses exportations. Notre bilan est détaillé, obtenu par *intégration* des concentrations et des masses de matière vivante dans les différents organes de la plante ; et il est *dynamique*, car répété dans le temps en considérant l'évolution de ces divers organes à côté de celle du sol. Le mode de représentation graphique que nous avons imaginé rend compte de ce double caractère, trait essentiel de la vie végétale par laquelle se manifeste la fertilité du sol.

Le principal inconvénient de cette méthode est la somme considérable de travail exigée, même pour celui qui voudra l'appliquer à des plantes moins encombrantes que le bananier. Des Essais Sol-Plante complets ne sauraient être entrepris, pour une espèce végétale donnée, que dans un nombre limité de situations-types. D'ailleurs, l'examen des premiers résultats ainsi obtenus suggérera des simplifications, qui permettront de réaliser éventuellement d'autres essais à moindres frais ; ainsi, pour le bananier, l'ensemble limbes, pétioles + nervures, faux-tronc et souche, fournit la majeure partie du bilan des organes végétatifs, et les organes reproducteurs ont une composition assez constante pour qu'il soit possible d'évaluer leur contenu sans analyse.

Mais surtout, cette phase de recherche fondamentale permet de redéfinir les bases d'une technique de diagnostic plus simple, adaptée à l'espèce végétale étudiée. D'une part, elle assure l'interprétation correcte des résultats d'analyse du sol, les éléments « assimilables » ayant été comparés avec les éléments effectivement assimilés par cette même plante dans un certain nombre de cas-types. D'autre part, elle permet de choisir pour le diagnostic végétal un mode d'échantillonnage, foliaire ou autre, dont on connaîtra la signification exacte par rapport au métabolisme minéral de la plante croissant dans ses milieux naturels.

L'analyse du sol et l'analyse de la plante, toujours indissociables l'une de l'autre pour l'agronome, trouvent ainsi un surcroît d'efficacité complémentaire.

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) BRUN, J., 1952. — Le « bleu » du bananier en Guinée française. *Fruits*, 7 (7), 324-329.
- (2) DUGAIN, F., 1960. — Les analyses de sol et le « bleu » du bananier. 1<sup>re</sup> Réunion Internat. Banan. F. A. O. et C. C. T. A., Abidjan. comm. n° 7.
- (3) DUMAS, J., MARTIN-PRÉVEL, P., 1958. Contrôle de nutrition des bananeraies en Guinée (premiers résultats). *Fruits*, 13, (9-10), 375-386.
- (4) DUMAS, J., 1960. — Contrôle de nutrition de quelques bananeraies dans trois territoires africains. *Fruits*, 15, (6), 277-290.
- (5) LAGATU, H., MAUME, L., 1926. — Diagnostic de l'alimentation d'un végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 182, 653-655.
- (6) Lossois, P., 1963. — Le mécanisme des essais sol-plante. In : Journées d'étude sur la nutrition minérale des plantes fruitières tropicales et sub-tropicales. Ed. I. F. A. C., 1964 (Résumé dans *Fruits*, 18 (10), 355-467) ; et : Tournée d'étude de la banane en Guadeloupe, février, 1964, doc. n° 8.
- (7) MARTIN-PRÉVEL, P., 1962. — Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime. *Fruits*, 17, (3), 123-128.
- (8) MARTIN-PRÉVEL, P., 1963. — Le bilan minéral, base d'interprétation du diagnostic foliaire. In : Journées d'études sur la nutrition minérale des plantes fruitières tropicales et sub-tropicales. Ed. I. F. A. C., 1964 (Résumé dans *Fruits*, 18, (10), 455-467) ; et : Tournée d'étude de la banane en Guadeloupe, février 1964, doc. n° 9.
- (9) MARTIN-PRÉVEL, P., CHARPENTIER, J. M., 1963. — Symptômes de carences en six éléments minéraux chez le bananier. *Fruits*, 18, (5), 221-247.

**RÉSUMÉ :** Cet article présente les résultats d'essais fondamentaux entrepris aux Antilles depuis 1960. Ces essais ont pour but de définir les relations entre le sol et la plante, qui sont étudiés simultanément en fonction du climat. Ils permettent de suivre les variations des caractéristiques d'un sol planté en bananiers, et parallèlement, les qualités d'éléments immobilisés par les plantes aux divers stades de son développement.

Les résultats, présentés en ce qui concerne la plante à l'aide d'un mode d'expression graphique original, montrent l'extrême malléabilité du bananier dans sa composition minérale ; ils ont permis de mettre en évidence l'importance des rapports entre eux des cations échangeables du sol, et pas seulement de leurs quantités en valeur absolue. Des carences (en K, en Mg) ont été décelées dans certaines situations.

## LES POTASSES D'ALSACE

**Au Service de l'Agriculture**  
*pour une meilleure production*  
**par le rendement**  
**et la qualité des cultures**

Les engrais potassiques :

**Chlorure**

**Nitrate**

**Sulfate**



Société Commerciale des  
**POTASSES D'ALSACE** 11, avenue de Friedland PARIS 8<sup>e</sup>

185



## LES POTASSES D'ALSACE