

Dynamique des éléments minéraux fertilisants dans les sols des bananeraies martiniquaises.

Première partie.

J. GODEFROY et Micheline DORMOY*

DYNAMIQUE DES ELEMENTS MINERAUX FERTILISANTS
DANS LES SOLS DES BANANERAIES MARTINIQUAISES.

Première partie - Evolution comparée des teneurs des sols en
éléments fertilisants, avec ou sans fertilisation minérale.
Observations sur la croissance des bananiers.

J. GODEFROY et Micheline DORMOY (IRFA)

Fruits, Mai 1983, vol. 38, n° 3, p. 373-387.

RESUME - L'évolution mensuelle des caractéristiques agrochimiques (K, Ca, Mg, P, pH, N minéral) dans différents sols, représentatifs des bananeraies martiniquaises (7 sites), est étudiée à l'intérieur et en dehors de la zone d'application de la fumure minérale.

Une fertilisation appropriée permet de contrôler les teneurs en calcium, magnésium et phosphore des sols.

Les dynamiques de l'azote minéral et du potassium échangeable sont plus complexes, en raison de l'importance de la lixiviation par les eaux de drainage.

Les observations sur la croissance des bananiers, mettent en évidence la nécessité d'assurer à la plante, non seulement une nutrition minérale optimale mais, également, une alimentation hydrique régulière. Dans les sites observés le «facteur limitant» de la production est le déficit hydrique.

GENERALITES

Les premières études sur ce sujet ont été réalisées au cours des années 1960, dans le cadre des essais «sol-plante» dont le but était d'étudier la nutrition minérale du bananier en fonction de son développement et des caractéristiques physico-chimiques des sols (1, 2, 3, 12).

Ce thème de recherche a été repris depuis 1978 dans le cadre de la programmation de la fertilisation au niveau régional, basée sur le diagnostic sol. Les principes de cette programmation ont été présentés dans un précédent article (5). On rappellera, seulement, qu'une enquête, basée sur les caractéristiques agrochimiques des sols et portant sur plus de 2 000 unités culturales (parcelle, pièce, carré) a

permis à J.L. LACHENAUD et J. GODEFROY (4), de classer les bananeraies martiniquaises en cinq zones (figure 1). Chacune d'entre elles se caractérisant par un ensemble de caractères agrochimiques suffisamment voisins, pour que l'on puisse conseiller une même fertilisation minérale pour toute la zone. On précisera que les cinq zones ainsi définies coïncident avec des types de sols et avec des régimes climatiques caractéristiques ou présentant au moins des analogies (6).

L'établissement d'un programme de fertilisation, même basé sur des données analytiques du sol, a toujours un caractère théorique, aussi nous a-t-il semblé indispensable de contrôler, par des observations *in situ*, la dynamique des éléments minéraux fertilisants. Ces observations ont pour but de vérifier que les teneurs dans le sol des éléments concernés, se situent bien dans les intervalles que nous nous sommes fixés, et, éventuellement, de «réajuster», les programmes de fertilisation. On précisera que l'appli-

* - J. GODEFROY - IRFA - B.P. 5035 - 34032 Montpellier Cedex
Micheline DORMOY - IRFA - B.P. 153 - 97202 Fort-de-France Cedex

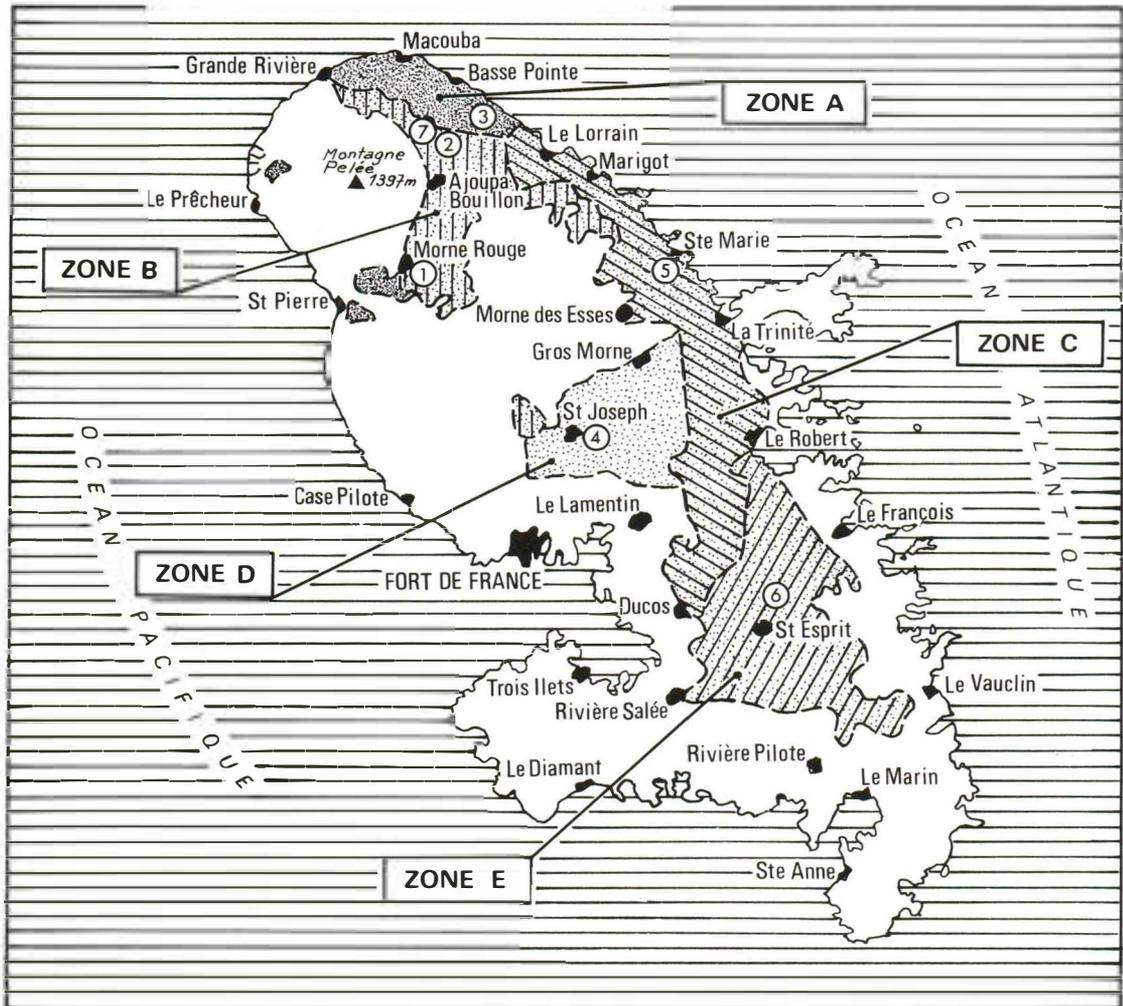


Figure 1 - ZONES BANANIÈRES DE LA MARTINIQUE ET SITUATION DES SEPT SITES.

cation de ces programmes, entraîne une réduction des fumures minérales, par rapport à la moyenne de celles appliquées par les planteurs.

Dans cet article, nous présenterons et commenterons les résultats du suivi de l'évolution des éléments fertilisants dans différents sols, ainsi que les observations sur la croissance des bananiers ; dans la seconde partie de cette publication, nous étudierons les relations entre la dynamique de certains éléments (N et K) et les conditions climatiques (pluviométrie).

CONDUITE DE L'EXPERIMENTATION

Sept sites de 2 750 m² (600 bananiers) représentatifs d'une des cinq zones ont été choisis dans des exploitations

de haut niveau technique (figure 1).

Zone A

Site n° 3, BASSE-POINTE, habitation Pécoul ; altitude 50 m ; pluviosité moyenne annuelle : 2 320 mm ; sol peu évolué sur cendres et ponces andésitiques.

Zone B

Site n° 1, MORNE-ROUGE, habitation Longchamp ; altitude 350 m ; pluviosité annuelle 4 130 mm (1961-1970) ; andosol sur cendres et ponces andésitiques. Les andosols sont caractérisés par la présence d'une fraction minérale amorphe importante (allophane).

Site n° 2, BASSE-POINTE, habitation Pécoul ; altitude 200 m ; pluviosité annuelle : 3 060 mm (1978-1981) ; sol peu évolué sur cendres et ponces andésitiques.

Site n° 7, BASSE-POINTE, habitation Gradis ; altitude

200 m ; pluviosité annuelle : 3 060 mm (1978-1981) ; sol peu évolué sur cendres et ponces andésitiques.

Zone C

Site n° 5, SAINTE-MARIE, Habitation Concorde ; altitude 30 m ; pluviosité annuelle : 1 820 mm (1961-1970) ; andosol sur tuf volcanique fin.

Zone D

Site n° 4, SAINT-JOSEPH, station IRFA Rivière-Lézarde altitude 50 m ; pluviosité annuelle : 2 080 mm (1961-1970) ; sol à halloysite brun (7,5 YR 4/4 à 5/4 ou 5/6 du code MUNSELL).

Zone E

Site n° 6 ; SAINT-ESPRIT, habitation Grand Case ; altitude 40 m ; pluviosité annuelle ; 1 800 mm (1961-1970) ; sol peu évolué sur alluvions argileuses (dominance de montmorillonite).

Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols sont résumées dans le tableau 1.

Sur chacun des sites, on applique la fertilisation conseillée pour la zone (tableau 2). La fumure azotée est fractionnée en 12 épandages annuels (1 par mois) ; les fumures K et P sont fractionnées en 6 ou 12 épandages annuels suivant les sites (1 tous les 2 mois ou 1 par mois) ; les engrais calco-magnésiens sont apportés une ou deux fois par an sous forme de dolomie ou de chaux magnésienne et dans certains sites mensuellement sous forme d'engrais complexe N.P.K.Mg ou N.P.K.Mg.Ca. La finalité de l'étude étant le conseil aux agriculteurs, les épandages d'engrais sont effectués suivant la technique pratiquée en Martinique ; celle-ci consiste à localiser les apports sur le 1/3 de la superficie de la bananeraie. Dans la majorité des plantations, les bananiers sont plantés en lignes jumelées de 1,80 x 3,60 m ; les engrais N P K sont épandus sous forme solide dans le petit interligne tandis que la dolomie est épandue sur toute la surface ; les résidus de culture (feuilles, stipes) sont andainés dans le grand interligne. On notera, toutefois, que les premières observations ayant montré les inconvénients qu'il y a d'épandre différemment les engrais N P K et Ca-Mg, ces derniers ont été appliqués sur le petit interligne.

L'évolution des éléments minéraux fertilisants : $N-NH_4$, $N-NO_3$, K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , P assimilable et pH, est suivie à une fréquence mensuelle, dans l'horizon 0-25 cm où sont localisées 80 p. 100 des racines de la plante. Au cours de la première année de l'étude, cette évolution est suivie, à la fois dans la zone où sont appliqués les engrais (petit interligne) et hors de la zone d'application (grand interligne) ; par la suite on s'est limité aux observations dans la zone fertilisée.

Les échantillonnages de terre sont réalisés à l'intérieur des parcelles de 2 750 m², en éliminant les zones de bordure, soit sur une superficie de 1 400 m² ; celle-ci est

divisée en cinq sous-parcelles de 280 m² qui sont échantillonnées séparément. Un échantillon est constitué de 30 prélèvements élémentaires ; les courbes d'évolution représentant les moyennes des cinq sous-parcelles, chaque point est la moyenne de 150 prélèvements élémentaires. Cette technique d'échantillonnage peut paraître un peu « lourde » mais elle est justifiée par la variabilité des teneurs de certains éléments, en particulier de l'azote minéral. Les prélèvements de terre sont effectués juste avant les épandages d'engrais ; les courbes d'évolution représentent, donc, les teneurs minimales des éléments concernés.

Les conditions de réalisation de cette étude ont été globalement satisfaisantes, malgré quelques « incidents de parcours » inhérents à toute expérimentation faite en dehors d'une station de recherche ; les « erreurs » les plus fréquentes sont des épandages d'engrais « non programmés » effectués dans les parcelles expérimentales par les ouvriers de la plantation. On précisera que l'exécution des travaux culturaux dans ces parcelles expérimentales situées dans une parcelle de l'exploitation, est assurée par le planteur, à l'exception des épandages d'engrais qui sont effectués par l'IRFA ; les limites des parcelles expérimentales sont matérialisées par des piquets réunis par une ficelle.

Un autre problème est le changement, quasi permanent, des formulations des engrais vendus en Martinique ; c'est ainsi qu'à partir de 1979 les engrais complexes épandus sur certaines plantations contenaient un peu de calcium. Pour chaque épandage, les quantités d'engrais sont calculées d'après la teneur en azote du produit commercial ; les rapports K_2O/N des engrais utilisés étant, pratiquement, constants et voisins de 2, les quantités de potassium apportées diffèrent peu des quantités programmées. Pour le phosphore, par contre, les apports ont été supérieurs ; pour « ajuster » les quantités épandues à celles programmées, il aurait fallu utiliser des engrais simples, c'est-à-dire appliquer une technique différente de celle des planteurs martiniquais.

RESULTATS EXPERIMENTAUX

Calcium

L'évolution des teneurs en calcium échangeable du sol, dans les divers sites (figure 2) montre que l'application des recommandations de fertilisation (1 ou 2 t/ha/an de dolomie suivant les sites), permet, pour chacun des sites, de maintenir pratiquement constants des niveaux en calcium satisfaisants. Il faut, toutefois, mentionner le cas particulier du site n° 6 qui correspond aux sols de la zone E qui sont riches en calcium et en magnésium et dans lesquels des apports d'amendements calco-magnésiens ne se justifient pas. Dans ce site, on observe un appauvrissement en calcium de 1,5 mé/100 g en 13 mois soit 11 p. 100 de la teneur initiale. Il faut mentionner, également, que les engrais complexes épandus à partir de 1979 contenaient 8,4 p. 100 de CaO, ce qui se traduit dans le site n° 1, observé jusqu'en

TABLEAU 1 - Caractéristiques des sites.

N° site	3	1	2	7	5	4	6
Zone	A	B	B	B	C	D	E
classification pédologique	peu évolué sur cendres et ponces andésitiques	andosol sur cendres et ponces andésitiques	idem n° 3	idem n° 3	andosol sur tuf ancien	à halloysite brun (7,5 YR/4/4 à 5/6)	alluvions argileuses à montmorillonite
paysage au niveau de la région	versant NE montagne Pelée	plateau	idem n° 3	idem n° 3	collines	collines	collines
paysage au niveau de la parcelle	bas de versant	plateau	bas de versant	bas de versant pente 5 à 10 p. 100	dépression	dépression	dépression
pluviosité annuelle (mm)	2 320	4 130	3 060	3 060	1 820	2 080	1 800
sol (*) - caractéristiques physico-chimiques							
1. <u>graviers</u> p. 100	14-17	12-16	28-32	22-28	3-6	2-4	3-5
2. <u>granulométrie</u> argile p. 100	mauvaise dispersion	mauvaise dispersion	mauvaise dispersion	11-12 12-15	38-41 16-17	54-55 8-9	53-54 10-11
limon fin p. 100				10-13	11-12	6-7	9-10
limon grossier p. 100	22-27	17-18	20-22	20-22	16-17	13-14	9-10
sable fin p. 100	37-38	28-30	56-57	39-44	15-16	10-11	12-13
sable grossier p. 100							
3. <u>densité apparente</u>	1,1-1,2	0,5-0,7	1,0-1,1	-	1,0-1,2	1,2-1,3	-
4. <u>matière organique</u> carbone p. 100	2,0-3,0	5,0-6,1	1,3-1,8	4,1-4,8	1,0-1,3	1,3-1,7	1,3-1,6
matière organique p. 100	2,5-5,0	8,7-10,5	2,2-3,2	7,1-8,2	1,7-2,1	2,1-2,9	2,1-2,8
azote p. 1000	2,0-2,9	6,1-7,1	1,2-1,6	3,7-4,1	1,1-1,6	1,4-2,0	1,6-1,9
C/N	10-11	8-9	10-12	11-13	8-10	8-10	7-9
5. <u>capacité d'échange cationique</u> (mé/100 g)							
● méthode à l'acétate NH ₄ pH 7	10,0-12,0	15,0-16,5	6,5-7,0	13,0-16,5	26,0-29,0	15,8-17,5	28,5-32,0
● méthode au chlorure de cobaltihexammine	4,8-6,0	4,5-6,0	4,3-5,1	4,5-6,4	15,0-15,7	9,2-10,3	17,7-18,0

(*) - résultats exprimés par rapport au poids de terre fine (< 2 mm), sauf les graviers qui sont exprimés par rapport au poids de terre totale.

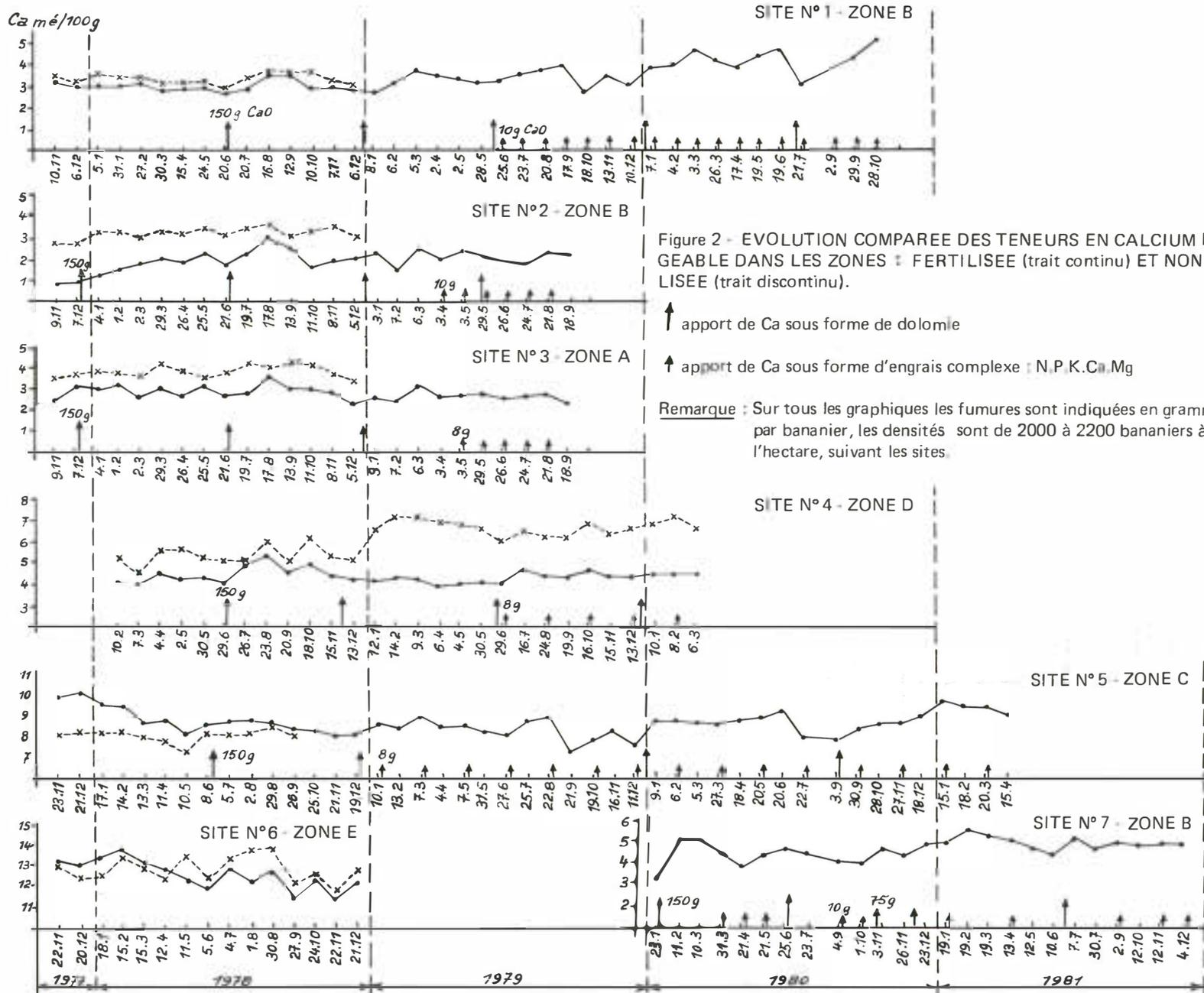


TABLEAU 2 - Programme de la fertilisation minérale. (quantités en g, par an et par bananier ; densité 2 000 à 2 200 bananiers à l'hectare).

Zone	A	B	C	D	E
N° site	3	1, 2, 7	5	4	6
azote (N)	150	180	150	150	150
potassium (K ₂ O)	300	400	150	150	330
phosphore (P ₂ O ₅)	non nécessaire	non nécessaire	30	30	60
fractionnement des apports N P K	12	12	N = 12, K-P = 6	N = 12, K-P = 6	12
dolomie à 30 p. 100 de CaO et 20 p. 100 de MgO	500	1000	500	1000	0
fractionnement des apports Ca - Mg	1	2	1	2	-

octobre 1980, par un enrichissement du sol en calcium. Si l'emploi de ce type d'engrais se généralise, les apports de dolomie devront être réduits, puisqu'avec cet engrais on apporte annuellement par bananier : 125 g de CaO dans la zone B, 100 g dans les zones A et E, 50 g dans les zones C et D.

L'évolution comparée du calcium dans le grand et petit interligne où est épandu l'engrais complexe ou l'engrais azoté, montre, qu'à l'exception du site n° 5, les teneurs sont toujours supérieures dans le grand interligne, bien que depuis le début de l'expérimentation la dolomie soit épandue dans le petit interligne. Ce phénomène d'appauvrissement des sols en calcium sous l'action de certains engrais minéraux, particulièrement des engrais azotés, est bien connu et a été mis de nombreuses fois en évidence par l'auteur, dans les sols de bananeraies. La conclusion pratique est que les amendements calco-magnésiens doivent être épandus de la même façon que l'engrais, alors que dans de nombreux pays, l'habitude est de localiser les épandages d'engrais N P K et d'épandre sur toute la superficie la chaux et la magnésie.

Dans les grands interlignes où il n'y a eu, ni apport d'engrais complexe, ni apport d'amendements calco-magnésien, on n'observe pas à l'échelle de temps étudié (1 an) d'appauvrissement en calcium. Cela prouve que les eaux de drainage, lorsqu'elles ne sont pas enrichies d'anions, déplacent peu de calcium du complexe absorbant. Les excès d'engrais azotés et potassiques entraînent non seulement des pertes de ces éléments mais ils augmentent aussi la lixiviation du calcium ainsi que du magnésium comme nous l'étudierons ci-dessous.

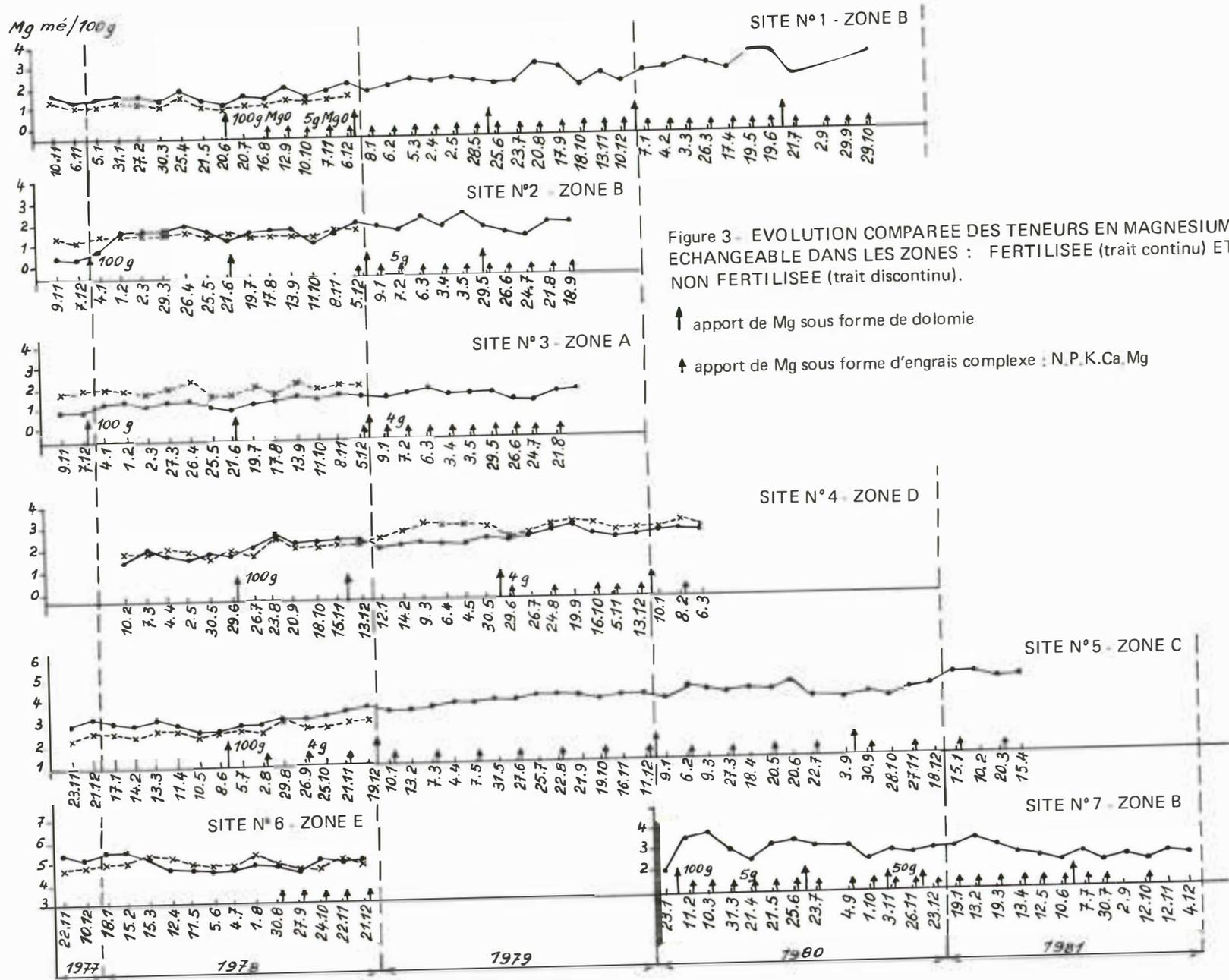
Le site n° 5, dans lequel la teneur en calcium est la plus élevée dans le petit interligne, correspond à une plantation où la technique d'épandage de la dolomie préconisée ci-dessus, est appliquée depuis plusieurs années.

Magnésium

Les graphiques de la figure 3 qui synthétisent l'évolution du magnésium échangeable pendant 2 ou 3 années montrent, qu'à l'exception du site n° 6 où il n'y a pas eu d'apport de dolomie, les sols tendent à s'enrichir en magnésium. On précisera qu'à partir de fin 1978 il a été épandu des engrais complexes contenant un peu de magnésium, le plus courant titrant 4 p. 100 de MgO ; la fertilisation magnésienne a donc été un peu supérieure aux quantités programmées. Cet apport supplémentaire est, par bananier et par an, de 60 g de MgO (zone B), 50 g (zones A et E), 25 g (zones C et D). L'utilisation d'un engrais de ce type permet de diminuer les apports de dolomie ou de chaux magnésienne ou de les remplacer par un amendement calcaire uniquement ; dans l'expérimentation en cours les apports de dolomie sont diminués de moitié depuis 1982. Dans les sols des sites observés, les seuils minima en Mg que l'on s'était fixés sont atteints, l'objectif actuel est, seulement, de les maintenir par une fumure d'entretien ; une fertilisation de redressement n'est plus nécessaire.

La comparaison des niveaux dans le grand et dans le petit interligne ne met en évidence aucune règle de répartition ; les écarts sont tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre mais en général les différences sont faibles et les teneurs ont la même signification agronomique.

Comme on l'a noté pour le calcium, sur une période d'observation d'une année, il n'y a pas d'appauvrissement du sol en magnésium dans les grands interlignes où il n'y a pas eu apport de magnésie ni d'engrais azoté et potassique. Ces observations devraient convaincre les agronomes et les praticiens de l'intérêt qu'il y a de rechercher le meilleur coefficient d'utilisation possible des engrais azotés et potassiques, de façon à réduire les pertes en ces éléments mais aussi, compte tenu de leur interaction sur la dynamique de Ca⁺⁺ et Mg⁺⁺, à diminuer la lixiviation du calcium et du magnésium, qui a pour corollaire une acidification des sols. C'est l'un des buts de l'expérimentation en cours



de préciser les mécanismes de la lixiviation des éléments minéraux fertilisants et de rechercher des solutions techniques pour réduire les pertes.

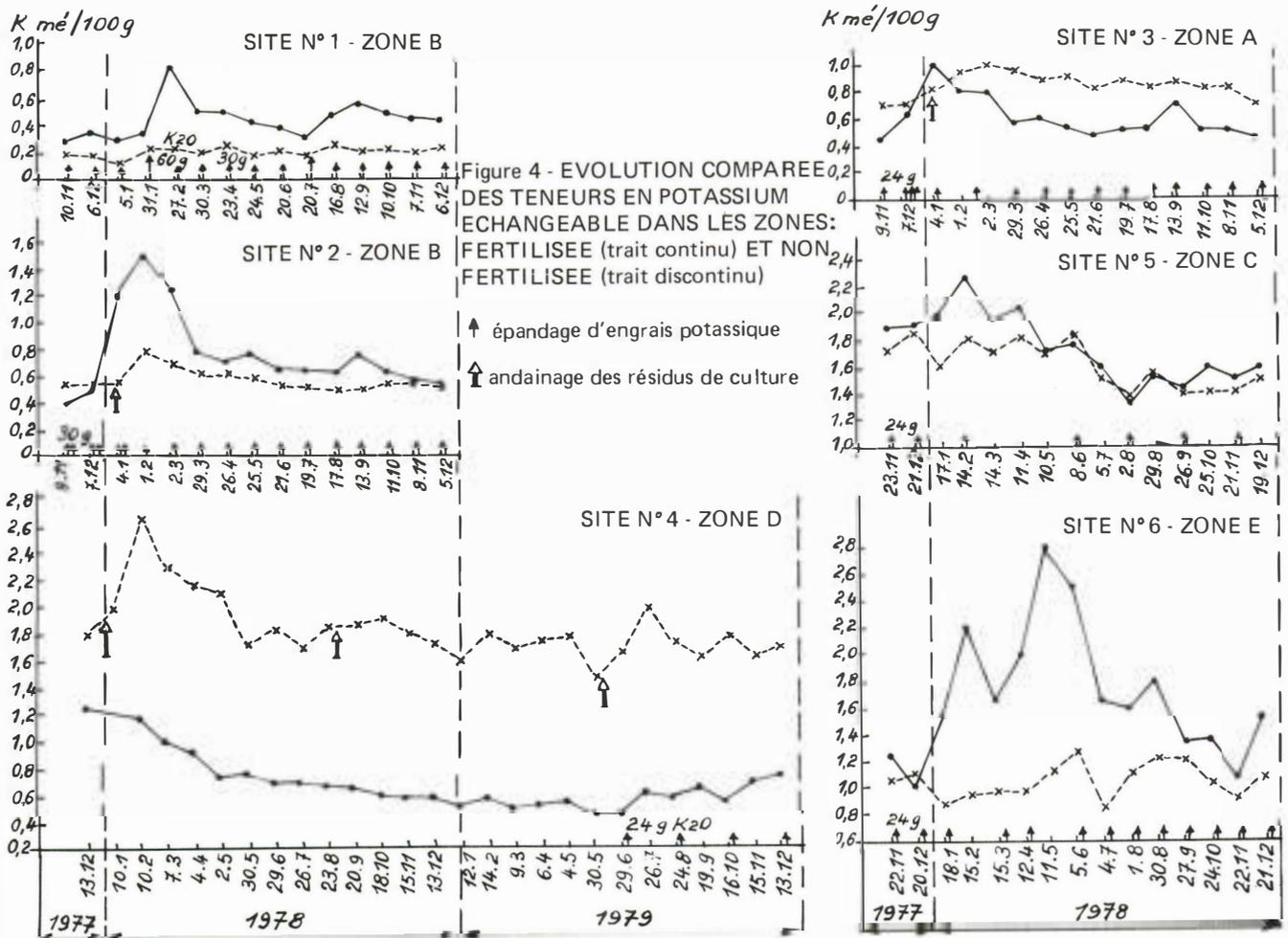
Potassium.

L'évolution du potassium échangeable est représenté par les graphiques de la figure 4. Une étude plus complète de l'évolution de cet élément, en fonction de la climatologie, sera faite dans la deuxième partie. Aussi, dans cette première partie, nous sommes-nous limités à la présentation des résultats de la période d'observation permettant une comparaison entre les teneurs dans le grand et dans le petit interligne. Contrairement à ce que l'on observe pour les deux autres cations, Ca et Mg, les variations saisonnières du potassium sont importantes. Sans anticiper sur la deuxième partie de cette publication, on peut mentionner que, dans la majorité des sites, les variations saisonnières sont en relation, plus ou moins étroite, avec la pluviosité de la saison. Le cas particulier du site n° 4, dans lequel aucune fumure potassique n'a été apportée jusqu'en juin 1979, sera commenté, également, dans la deuxième partie.

Suivant les sites, les teneurs en K sont les plus élevées dans le grand ou dans le petit interligne ; ainsi, dans les sites 1, 2, 6, le petit interligne où est épandu l'engrais potassique est plus riche mais dans les sites 3 et 4 on observe l'inverse ; dans le site n° 5 les teneurs sont peu différentes dans les deux emplacements. Dans les sites 3 et 4 la richesse en K dans le grand interligne provient de l'andainage des résidus de culture (feuilles et pseudotruncs), technique pratiquée sur ces plantations. Les teneurs maximales en potassium s'observent 1 à 2 mois après l'andainage.

pH et aluminium

Pour un site donné, les valeurs des pH mesurées sur pâte saturée d'eau varient peu au cours d'une année et entre les années ; les écarts par rapport à la moyenne sont, généralement, inférieurs à ± 0,5 unité pH (figure 5). Les différences entre petit et grand interligne sont du même ordre de grandeur, site n° 2 excepté où elles sont de 1,5 à 2,0 unités ; les pH les plus acides s'observent dans la zone d'épandage des engrais N P K. Le cas particulier du site n° 2 s'explique par la technique de fertilisation pratiquée



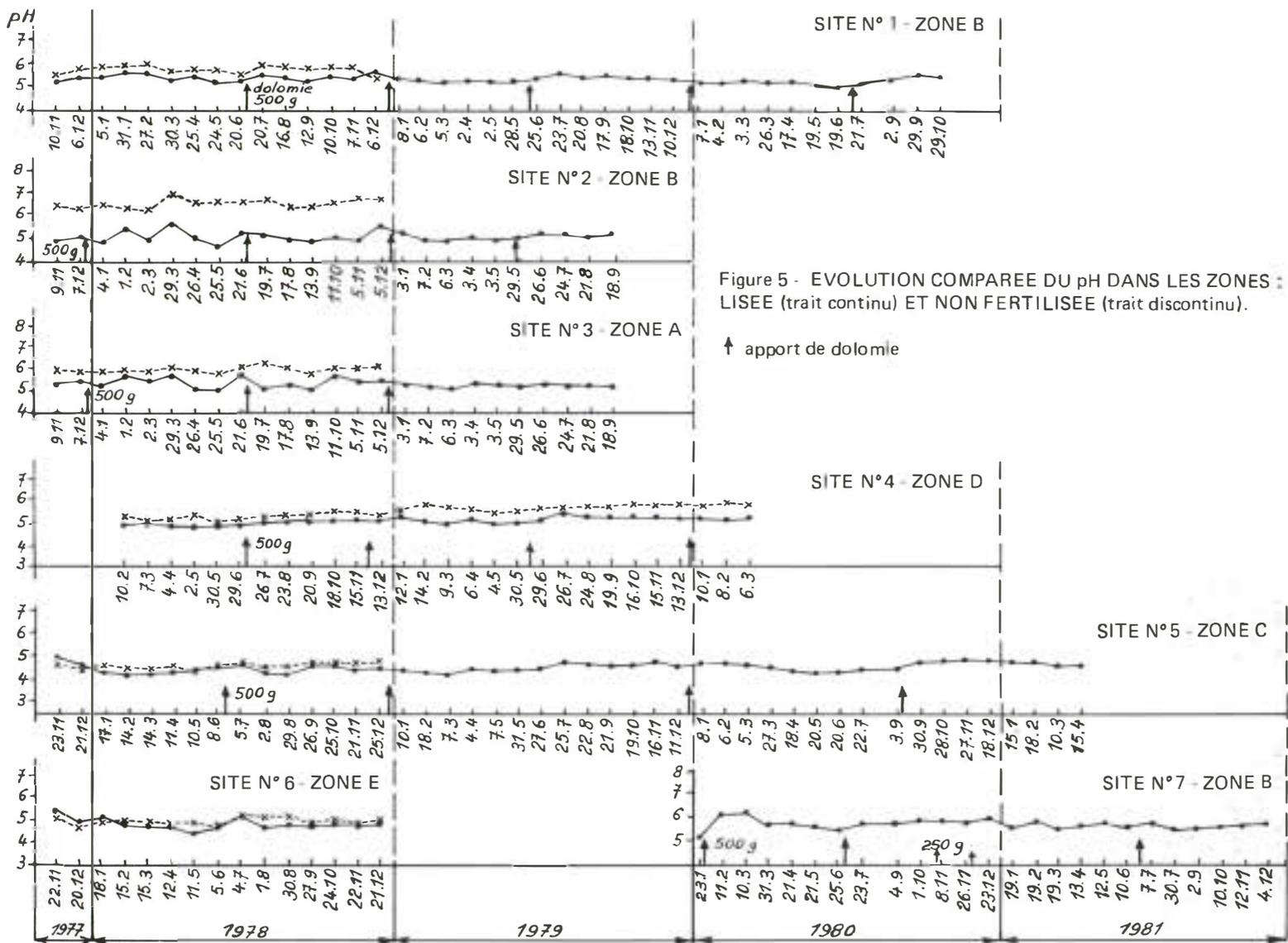


Figure 5 - EVOLUTION COMPAREE DU pH DANS LES ZONES : FERTILISEE (trait continu) ET NON FERTILISEE (trait discontinu).

↑ apport de dolomie

avant la mise en place de cette expérimentation ; les engrais complexes étaient épandus sur le petit interligne et la dolomie, uniquement, sur le grand interligne. Comme mentionné ci-dessus, depuis le début de cette expérimentation, l'amendement calco-magnésien est épandu sur le petit interligne comme l'engrais complexe. Dans des parcelles où l'épandage de l'engrais est localisé et celui des amendements effectué sur toute la superficie, technique fréquente dans les plantations martiniquaises, des diminutions de pH de 1 à 1,5 unité dans la zone fertilisée sont couramment observées.

Si on considère la zone fertilisée (petit interligne) les 7 sites se classent en 2 catégories, ceux dans lesquels les pH sont égaux ou légèrement supérieurs à 5 (n° 3, zone A ; n° 1, 2, 7, zone B) et ceux où les pH sont légèrement inférieurs à 5,0 : 4,5 à 5,0 (n° 4, zone D ; n° 5 zone C ; n° 6, zone E). L'analyse de l'aluminium échangeable extrait à KCl N, ne met en évidence la présence d'Al⁺⁺⁺ que dans le site n° 5, avec des teneurs de 1,6 à 2,4 mé/100 g (144 à 216 ppm), c'est-à-dire des teneurs non négligeables. Ce site n° 5 (andosol sur tuf volcanique) pose un problème ; les apports réguliers de dolomie (1 à 2 t/ha/an) depuis une décennie ont amélioré les teneurs en calcium et en magnésium échangeable qui atteignent respectivement 9 à 10 mé/100 g et 4 à 4,5 mé/100 g mais on n'observe pas d'augmentation parallèle du pH dont les valeurs varient

entre 4,0 et 4,5. Les études sur la mesure de la capacité d'échange cationique (CEC), entreprises au laboratoire des sols du GERDAT, montrent qu'il s'agit d'un sol à charge variable, puisque la CEC varie de 15 mé/100 g à un pH voisin de celui du sol (méthode au chlorure de cobalt-hexammine) à 27 mé/100 g à pH 7 (méthode à l'acétate d'ammonium). Tout semble indiquer qu'au fur et à mesure que le sol s'enrichit en cations alcalino-terreux, la CEC augmente et que le taux de saturation en cations (somme des cations/CEC) ne croît pas. D'autre part, une des caractéristiques des andosols est d'être très fortement tamponnés, car les gels organo-minéraux à caractères amphotères compensent toutes les variations brutales du pH. On précisera que sur le plan agronomique, la croissance et la production des bananiers sont satisfaisantes, malgré la forte acidité du sol (figure 8).

Phosphore

Compte-tenu de la préférence que manifestent les planteurs martiniquais pour l'utilisation des engrais complexes, lesquels contiennent du phosphore, les besoins en cet élément sont toujours largement satisfaits, car les quantités d'engrais sont calculées en fonction des besoins en azote et en potassium ; cela explique les teneurs, généralement, élevées des sols de bananeraie en P, d'autant plus que la lixiviation de cet élément est très faible. Les engrais com-

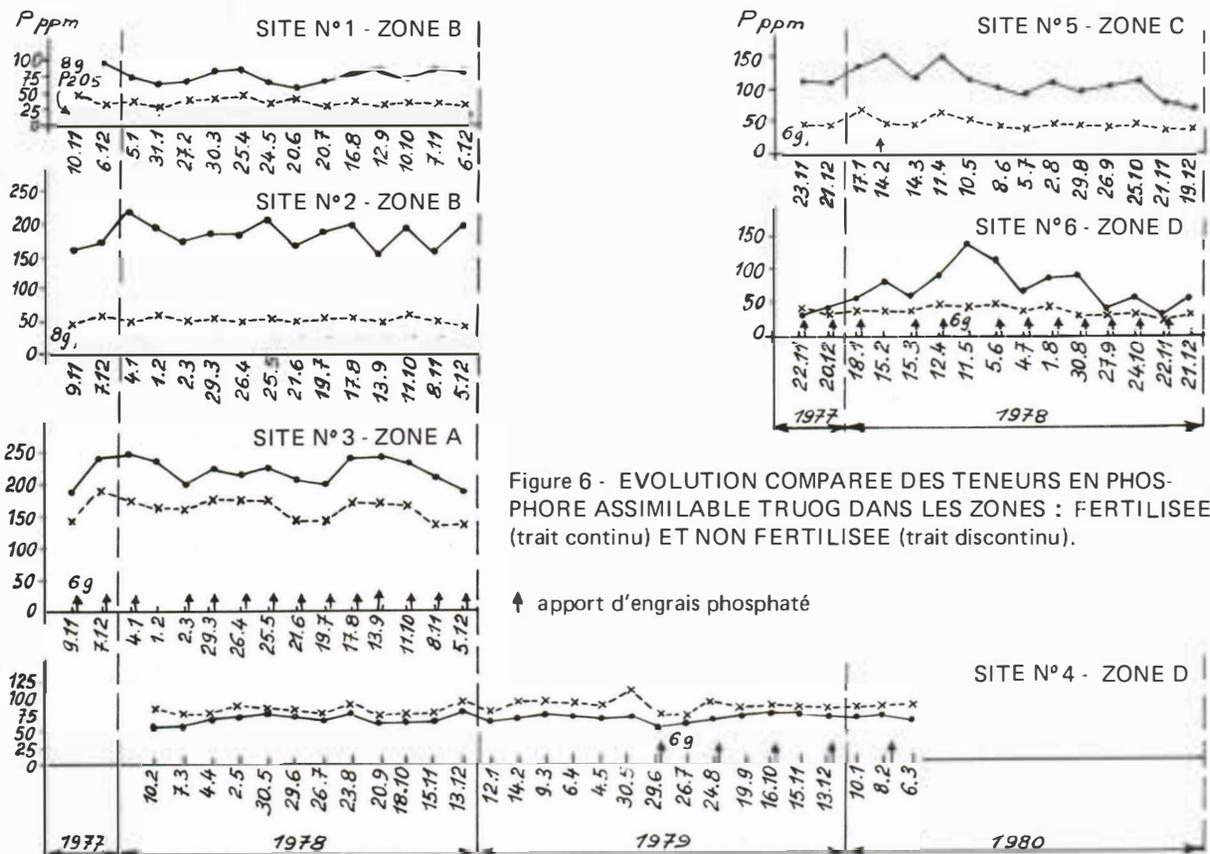


Figure 6 - EVOLUTION COMPAREE DES TENEURS EN PHOSPHORE ASSIMILABLE TRUOG DANS LES ZONES : FERTILISEE (trait continu) ET NON FERTILISEE (trait discontinu).

plexes utilisés dans les bananeraies martiniquaises titrent de 4 à 8 p. 100 de P_2O_5 les plus fréquents étant 4 et 6 p. 100, soit compte tenu des fumures pratiquées, des apports annuels par bananier de 60 à 120 g (zone B), 50 à 100 g (zones A et E), 25 à 50 g (zones C et D).

Les variations saisonnières du phosphore assimilable (méthode de TRUOG) sont, en général, de faible amplitude (figure 6) ; les écarts entre les divers prélèvements traduisent plus l'hétérogénéité du sol qu'une évolution «réelle» des teneurs. A titre indicatif, le coefficient de variation (écart type/moyenne) des teneurs en P Truog de 30 échantillons élémentaires (carottes) prélevés sur le site n°1, est de 102 p. 100 (moyenne : 81 ppm, écart type : 83 ppm) avec des valeurs extrêmes de 14 à 318 ppm de P. On conçoit les difficultés d'échantillonnage tant au champ qu'au laboratoire, l'analyse de cet élément étant effectuée sur 1 g de terre.

A l'exception du site n° 4, dans lequel les apports d'engrais phosphatés n'ont débuté qu'en juin 1979, les teneurs sont plus élevées dans les petits interlignes où est épandu l'engrais. Elles sont très élevées (150 à 250 ppm de P) dans les sols à ponces (n° 2-3) ; dans les andosols et les sols à halloysite (n° 1, 4, 5), caractérisés par un fort pouvoir fixateur des ions PO_4^{3-} (7,8), les niveaux sont plus faibles mais suffisants (75 à 100 ppm).

Azote minéral

Dans la zone d'application de l'engrais, les teneurs sont extrêmement variables en fonction de la saison, comme le montrent les graphiques de la figure 7. Les relations entre la dynamique de l'azote et la pluviosité seront étudiées dans la deuxième partie de cet article, aussi, nous sommes-nous limités à représenter, sur la figure 7, l'évolution en 1977, année au cours de laquelle on a comparé les teneurs en azote à l'intérieur et en dehors de la zone d'épandage de l'engrais azoté, Le grand interligne étant peu colonisé par les racines, les mesures à cet emplacement donnent une estimation de la dynamique de l'azote intrinsèque du sol, c'est-à-dire de l'azote minéral provenant de la minéralisation de la matière organique du sol. On notera que dans tous les sites, cette matière organique est bien humifiée, puisque les rapports C/N sont compris entre 8 et 11.

Les différents sites peuvent être classés en trois catégories :

a) sites n° 2 et 5 (zones B et C) dans lesquels les teneurs en azote minéral sont proches toute l'année de 10 ppm, avec des teneurs en N organique de 1,4 p. 1000.

b) sites n° 3, 4, 6 (zones A, D, E) ; les teneurs en N minéral varient entre 10 et 20 ppm avec un N organique de : 2,4 p. 1000, 1,7 p. 1000, 1,8 p. 1000. Sur le site n° 3, les teneurs supérieures à 20 ppm (4/1, 2/3 et 13/9/78) sont dues à un épandage d'engrais effectué par erreur par

les ouvriers de la plantation.

c) site n° 1 (zone B), dans lequel les teneurs sont de 20 à 30 ppm. Ce site correspond à l'andosol d'altitude (350 m) qui est riche en matière organique : N organique = 6,6 p. 1000.

La «contribution» du sol à la nutrition azotée de la plante est donc très différente suivant les sols. Elle est non négligeable dans l'andosol d'altitude (site n° 1, zone B), riche en matière organique ; faible dans les sols des zones A, D, E (sites 3, 4, 6) ; négligeable dans les sols de la zone C (site n° 5) et les sols à ponces d'altitude (site n° 2, zone B).

Les dynamiques très différentes de l'azote et du phosphore (cf. ci-dessus) des sols d'altitude à allophanes et à ponces, classés tous les deux en zone «B» nous conduisent à remanier la classification préliminaire et à considérer non pas 5 mais 6 zones. A pluviosité égale, les besoins en engrais azotés sont moins élevés dans les andosols car il y a une production d'azote minéral intrinsèque assez importante (une teneur de 30 ppm de N représente 45 kg/ha dans l'horizon 0-25 cm). En revanche, les besoins en phosphore sont un peu plus élevés dans les andosols. Dorénavant, nous distinguerons les zones B1 (andosol d'altitude) et B2 (sol d'altitude à ponces).

L'azote minéral du sol se trouve sous trois formes : ammoniacale, nitrite et nitrate. La forme nitrite étant généralement très faible, par mesure de simplification des analyses, on dose NH_4 puis $NO_2 + NO_3$ que l'on désigne, conventionnellement, par le terme d'azote nitrique ou nitrate.

La proportion d'azote ammoniacal et d'azote nitrique donne une «indication» sur la vitesse de nitrification de l'azote ammoniacal dans les sols étudiés. Nous employons sciemment le terme «indication» car le dispositif expérimental n'a pas été conçu pour une étude de la nitrification. Les nitrates étant beaucoup plus facilement lixiviés que l'azote ammoniacal, les mesures *in situ* sous-estiment la forme NO_3 . D'autre part, la composition chimique de l'azote dans les engrais complexes commercialisés variant constamment, il est difficile de faire la part due à la nitrification et celle due à la formulation de l'engrais (sulfate d'ammonium, phosphate d'ammonium, ammonitrate, nitrate de potassium, urée, chlorhydrate d'ammonium).

Les valeurs des rapports $(N-NO_2 + N-NO_3)/N$ minéral total (tableau 3) indiquent que la nitrification est active, ce qui est une caractéristique assez générale des sols tropicaux. Dans les sols tempérés une nitrification active est considérée comme un facteur favorable de fertilité ; en région tropicale, la rapidité de la nitrification favorise la lixiviation de l'azote, plus de 90 p. 100 des pertes sous forme d'azote minéral se produisant sous forme de nitrates (9, 10).

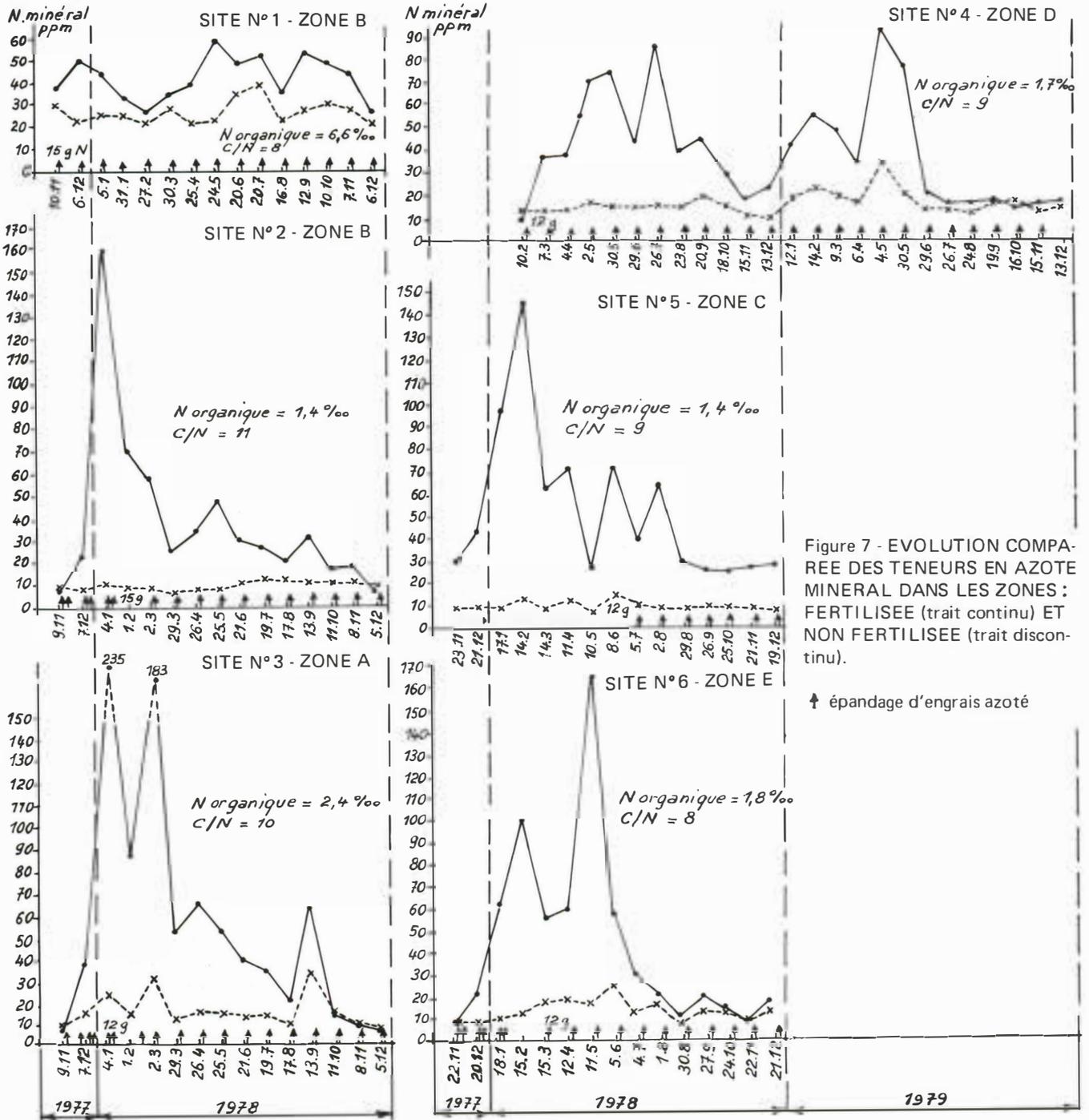


Figure 7 - EVOLUTION COMPAREE DES TENEURS EN AZOTE MINERAL DANS LES ZONES : FERTILISEE (trait continu) ET NON FERTILISEE (trait discontinu).

TABLEAU 3 - Valeurs des pourcentages de nitrate par rapport à l'azote minéral total.

N° sites		1	2	3	4	5	6
zones d'épandage de l'engrais	moyenne	83	77	82	71	77	63
	extrêmes	72-95	66-88	60-96	47-85	61-88	33-80
hors zones d'épandage de l'engrais	moyenne	67	68	81	60	58	54
	extrêmes	48-90	57-80	64-92	47-61	48-71	32-75

OBSERVATIONS AGRONOMIQUES

Compte tenu de la dispersion géographique des sites et des moyens matériels disponibles, il n'a pas été possible de peser la production. La croissance des bananiers est appréciée par des mesures de circonférence des pseudo-troncs, effectuées tous les 2 mois. Les courbes de croissance représentées sur les graphiques de la figure 8, méritent quelques commentaires.

Site n° 1 : bonne croissance des cycles 3 et 4 ; ce site est situé dans une région à pluviosité élevée toute l'année.

Site n° 2 : le ralentissement de croissance (5e cycle) à partir de décembre 1978 est dû à un déficit hydrique de décembre à fin mai, cette parcelle n'étant pas irriguée.

Site n° 3 : meilleure croissance du 3e cycle que du 4e ;

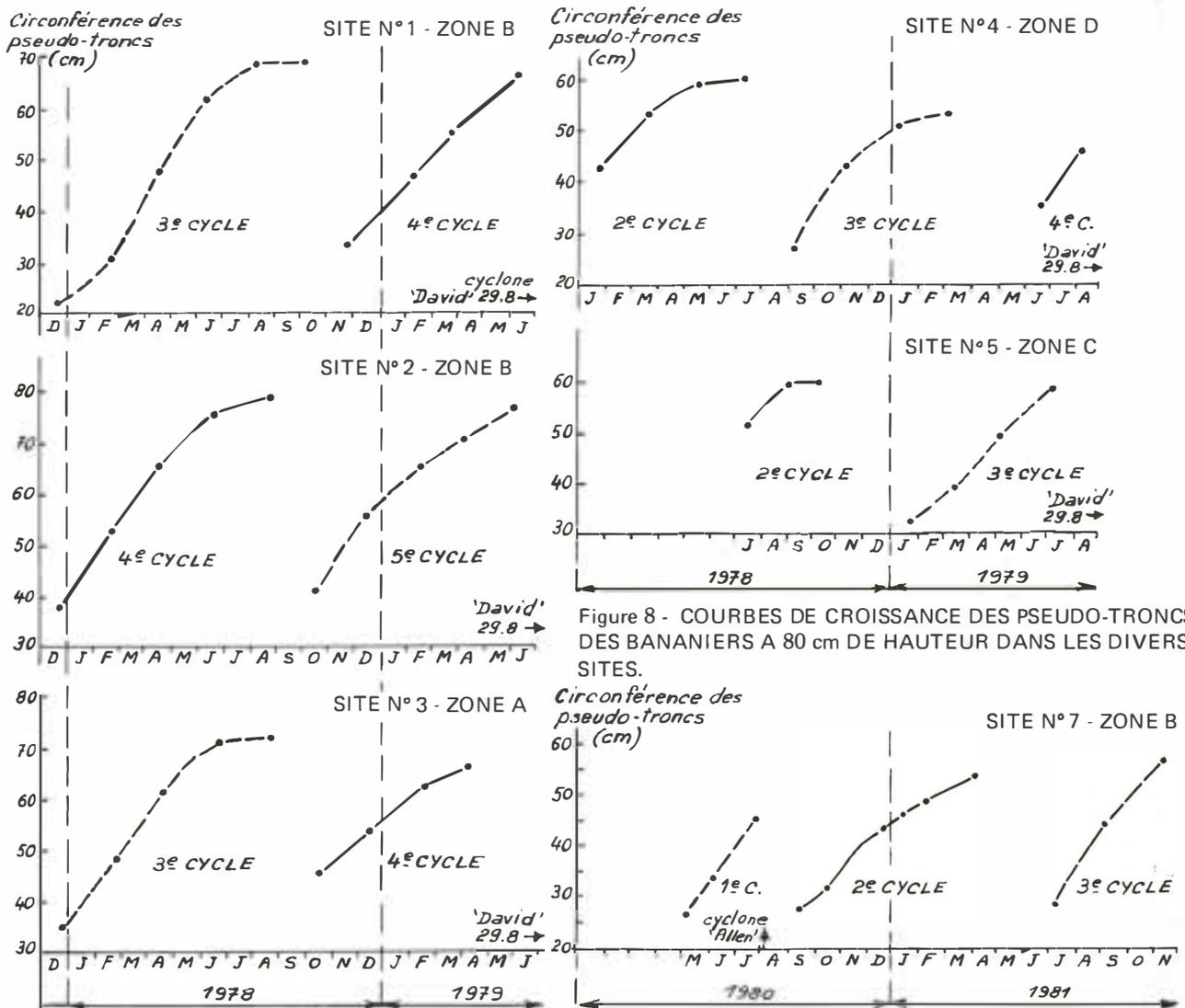


Figure 8 - COURBES DE CROISSANCE DES PSEUDO-TRONCS DES BANANIERA A 80 cm DE HAUTEUR DANS LES DIVERS SITES.

la saison sèche 1979 a été plus sévère qu'en 1978 : 387 et 542 mm de décembre à avril. Il est probable qu'en 1979 les bananiers ont souffert d'un certain déficit hydrique malgré l'irrigation en goutte à goutte.

Site n° 4 : le développement des bananiers est plus faible que dans les sites précédents ; le sol est plus argileux, plus compact et le système d'irrigation (micro-jet) mal adapté à ce type de sol (mauvaise diffusion latérale de l'eau).

Site n° 5 : les bananiers ont souffert d'un déficit hydrique au premier trimestre 1979, la fréquence des irrigations (aspersion) étant insuffisante.

Site n° 6 : la parcelle n'ayant pu être irriguée la croissance des bananiers a été médiocre et les observations ont été arrêtées.

Site n° 7 : bonne croissance du 1er au 3e cycle ; le 2e cycle a été perturbé par le cyclone Allen.

Ces différentes observations sur la croissance des bananiers tendent à montrer que le principal facteur limitant du développement de ces plantes, dans les sites étudiés, est le déficit hydrique. Tant que l'alimentation hydrique de la plante ne sera pas parfaitement assurée, il sera difficile d'étudier les relations entre la croissance des bananiers et les teneurs en éléments nutritifs du sol.

CONCLUSION

L'étude mensuelle de la dynamique des éléments minéraux fertilisants dans 7 bananeraies martiniquaises, représentatives de 6 zones pédologiques et climatiques, permet les observations suivantes :

- la fertilisation calcique, magnésienne et phosphatée ne pose pas de problèmes techniques. Pour les deux premiers éléments cités, des apports d'amendement calco-magnésien effectués régulièrement 1 ou 2 fois par an (1 ou 2 t/ha de dolomie), permettent de maintenir des niveaux suffisants en Ca et Mg dans le sol, avec des variations saisonnières très faibles. On peut, aussi, utiliser des engrais complexes N.P.K.Mg ou N.P.K.Ca.Mg, avec des épandages fractionnés (6 ou 12/an suivant les zones) ; dans ce cas les apports sous forme de dolomie doivent être réduits voire supprimés.

- les engrais azotés favorisent la lixiviation du calcium et du magnésium et cela d'autant plus que l'on apporte des excédents de fumure, par rapport aux besoins de la plante ; cette action lixiviale des engrais est bien connue, ces pertes se produiraient principalement sous forme de nitrates (11) ; elles ont pour conséquence une acidification du sol. En dehors de la zone d'épandage de l'engrais (grand interligne), l'entraînement des ions Ca^{++} et Mg^{++} par les eaux de percolation est très faible. Il est donc conseillé : première-

ment d'éviter les fumures azotées excessives, deuxièmement d'épandre tous les fertilisants (engrais et amendements) de la même façon et non de localiser les engrais (N P K) mais d'épandre sur toute la superficie de la bananeraie la dolomie (Ca - Mg).

- le phosphore ne pose pas de problème pour plusieurs raisons :

- a) cet élément est peu mobile donc peu lixiviable,
- b) les planteurs martiniquais préfèrent utiliser des engrais complexes qui contiennent tous du phosphore, il est donc fait des apports réguliers et abondants de cet élément,
- c) les bananeraies sont fertilisées depuis plusieurs décennies et la majorité des terres sont riches en phosphore (assimilable et réserves).

- contrairement à Ca, Mg et P, le potassium et l'azote posent des problèmes ; les variations saisonnières des teneurs sont importantes malgré le fractionnement des épandages (12/an) ; les quantités apportées représentent 2 à 3 fois les exportations par les régimes. Ce sujet sera traité plus en détail dans la deuxième partie de cette publication.

- l'étude de la dynamique de l'azote en dehors de la zone d'application de l'engrais a montré que la production d'azote minéral due à la minéralisation de la matière organique était très variable suivant les sites. Cette production de N minéral est en relation étroite avec la richesse organique du sol ; les déterminations des teneurs du sol en C et N organique permettent, à défaut de mesures de N minéral *in situ* ou *in vitro* (incubations), d'estimer la potentialité de production d'azote minéral intrinsèque des sols.

- la nitrification de l'azote ammoniacal provenant de la minéralisation de la matière organique ou des engrais minéraux est rapide, ce qui est un caractère général des sols des régions tropicales humides ; cette vitesse élevée de la nitrification est une des causes des pertes importantes d'azote par lixiviation.

- la dynamique du potassium est, dans la majorité des sols, similaire à celle de l'azote, c'est-à-dire que les variations saisonnières sont importantes. Les résidus de culture (pseudo-troncs et feuilles) jouent un rôle non négligeable dans le bilan du potassium ; dans les plantations qui pratiquent la technique de l'andainage des résidus dans le grand interligne, on observe de fortes concentrations de potassium échangeable 1 à 2 mois après l'andainage, lorsque les résidus se décomposent.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Messieurs les planteurs, qui, par la mise à la disposition de l'IRFA d'une parcelle de leur bananeraie et la contribution de leur personnel aux échantillonnages de terre, ont permis la réalisation de cette étude : MM. E. DESGROTTE, A. DEPAZ, R. GOUYE, J. GALLET, J. de WOUVES, G. de VIRGINY, P. GOVINDOORAZO.

BIBLIOGRAPHIE

1. MARTIN-PREVEL (P.), MONTAGUT (G.) et col., 1965.
Les essais sol-plante.
Fruits, vol. 20, n° 4, p. 157-169 ; n° 6, p. 265-281 ; n° 8, p. 398-410.
2. GUILLEMOT (J.). 1965.
Les variations de l'azote minéral dans le sol et la morphologie des bananes.
Fruits, vol. 20, n° 9, p. 483-504.
3. MONTAGUT (G.). 1963.
Evolution des engrais azotés dans un sol de Martinique.
Fruits, vol. 18, n° 3, p. 141-144.
4. LACHENAUD (J.L.) et GODEFROY (J.). 1978.
Etat de la fertilité des bananeraies martiniquaises.
Doc. R.A. 78, n° 84.
5. GODEFROY (J.). 1982.
Fertilisation minérale en culture bananière industrielle.
Diagnostic sol appliqué à la programmation de la fumure.
Fruits, vol. 37, n° 4, p. 225-227.
6. COLMET-DAAGE (F.) et col. 1969.
Carte pédologique au 1/20.000 de la Martinique.
ORSTOM.
7. MOINEREAU (J.). 1980.
Les andosols.
Doc. Labo Science du Sol - ENSAM.
8. QUANTIN (P.). 1972.
Les andosols.
Cah. ORSTOM, Sér. pédol., vol. X, n° 3, p. 273-301.
9. GODEFROY (J.) et ROOSE (E.J.). 1975.
Estimation des pertes par les eaux de ruissellement et de drainage des éléments fertilisants dans un sol de bananeraies de la Côte d'Ivoire.
Fruits, vol. 30, n° 4, p. 223-235.
10. GODEFROY (J.). 1979.
Erosion et pertes par lixiviation ou ruissellement des éléments fertilisants sous culture d'ananas.
Doc. IRFA. R.A., n° 6.
11. BOYER (J.). 1978.
Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides.
Doc. technique n° 35, ORSTOM, 173 p.
12. GODEFROY (J.) et col. 1965.
Essais sol-plante sur bananiers : Les sols.
Fruits, vol. 20, n° 6, p. 274-281.



LES CERCOSPORIOSES DU BANANIER ET LEURS TRAITEMENTS

Recueil des publications de la revue FRUITS sur les problèmes des Cercosporioses du bananier (novembre 1982 à mars 1983).

Cette brochure de 96 pages, présentant les plus récents progrès dans un domaine en pleine évolution, a été réalisée à l'occasion de la Sixième Réunion de l'ACORBAT (Association de Coopération pour la Recherche bananière aux Caraïbes et Amérique tropicale) 16 au 20 mai 1983 en Guadeloupe.

Les lecteurs peuvent se procurer ce document au prix de **100 F franco de port**. Joindre le règlement à la commande. IRFA-FRUIT, 6, rue du Général Clergerie - 75116 PARIS