

CALCUL DES BESOINS EN ENGRAIS DES CACAOYERS



R. LOTODÉ

Ingénieur agronome INA Paris
Chef de la Division de biométrie, IFCC, Montpellier *

P. JADIN

Ingénieur agronome AIA Lv
Chef de la section de pédologie,
Centre de recherches de l'IFCC en Côte d'Ivoire**

Introduction

La recherche de formules équilibrées d'engrais pour le cacaoyer se fait par le diagnostic chimique du sol, méthode basée sur la connaissance des équilibres anionique et cationique favorables à la croissance et à la production des cacaoyers. Ces équilibres, mis en évidence à la suite des observations faites dans des cacaoyères ivoiriennes, sont les suivants :

— Azote total-phosphore total dont le rapport optimal est de 1,5. Ce rapport doit correspondre à une teneur en phosphore assimilable (méthode Dyer) de 0,4 ‰ de P_2O_5 .

— Potassium-calcium-magnésium qui doivent correspondre à 8-68-24 % des bases échangeables totales pour un taux de saturation égal ou supérieur à 60 %.

L'influence de ces équilibres sur la production des cacaoyers a été mise en évidence en Côte d'Ivoire dans un essai en vases de végétation. D'après cet essai, une correction phosphatée et un apport d'azote améliorent la floraison du cacaoyer et une correction de l'équilibre K-Ca-Mg augmente le taux de nouaison. Un essai identique au Cameroun a montré l'efficacité d'une augmentation des bases échangeables sur la croissance du cacaoyer.

Des essais en vases de végétation, limités dans le temps à cause du volume restreint de terre, on est passé aux essais en champ pour étudier l'effet des

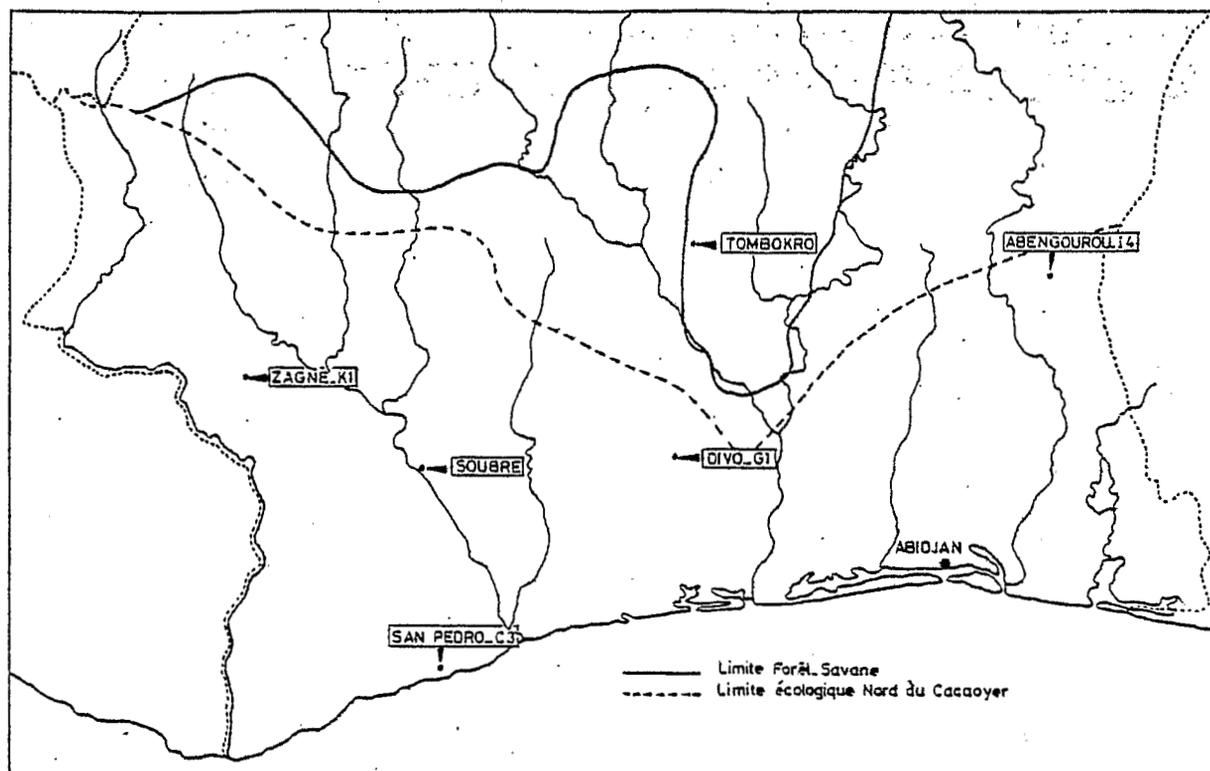
engrais à long terme par la méthode des couples (avec et sans engrais). La formule d'engrais est calculée chaque année pour corriger les déséquilibres anionique et cationique dans les vingt premiers centimètres du sol autour du cacaoyer sur un rayon de 80 cm à la dose de 700 g d'engrais/an/cacaoyer (soit 924 kg/ha en Côte d'Ivoire pour une densité de 1 320 arbres à l'hectare).

Le tableau I donne les rendements en kg de cacao marchand/ha obtenus dans six essais établis dans des zones pédo-climatiques différentes. Leurs emplacements figurent sur une carte et leurs principales caractéristiques sont données dans le tableau II.

Dans ce réseau d'essais, l'apport d'engrais augmente d'une manière significative les rendements. Les augmentations varient en moyenne de 250 kg à 700 kg de cacao marchand/ha. Ces variations sont plus ou moins liées au climat et au potentiel chimique du sol. L'efficacité des engrais est minimale dans les zones à pluviosité moyenne annuelle inférieure à 1 400 mm avec une fréquence de sécheresse supérieure à 3 (nombre d'années défavorables comprenant un trimestre de moins de 50 mm par période décennale). C'est le cas de l'essai implanté à Abengourou. Des conditions climatiques analogues se retrouvent à Tombokro, mais il faut signaler que les cacaoyers de cet essai ont été irrigués par aspersion jusqu'en février 1978 et qu'ils sont plantés dans un sol hydromorphe inondé en octobre, c'est-à-dire avant la grande saison sèche. Ceci explique l'augmentation moyenne des rendements de 440 kg/ha. A San-Pedro, l'effet des engrais est faible (augmentation moyenne de 300 kg/ha) malgré une fréquence

* BP 5035, 34032 Montpellier Cedex.

** 01 BP 1827, Abidjan 01.



Localisation des essais

TABLEAU I
Rendements en kg de cacao marchand/ha

| Situation | Année plantation | Traitements | Rendements | | | | | | | |
|----------------|------------------|--------------|------------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|
| | | | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| Divo, G1 | 1970 | Avec engrais | 250 | 625 | 2 375 | 2 825 | 2 925 | 3 000 | 3 600 | 3 100 |
| | | Sans engrais | 250 | 675 | 1 750 | 2 200 | 2 000 | 1 800 | 2 400 | 1 800 |
| | | Différence | 0 | - 50 | + 625 | + 625 | + 925 | + 1 200 | + 1 200 | + 1 300 |
| San-Pedro, C3 | 1971 | Avec engrais | | 800 | 1 100 | 2 200 | 850 | 925 | 1 750 | 1 575 |
| | | Sans engrais | | 600 | 900 | 1 825 | 590 | 675 | 1 450 | 1 175 |
| | | Différence | | + 200 | + 200 | + 375 | + 260 | + 250 | + 300 | + 400 |
| Abengourou, I4 | 1972 | Avec engrais | | | | | 1 080 | 1 580 | 1 180 | 1 620 |
| | | Sans engrais | | | | | 1 250 | 1 150 | 960 | 1 230 |
| | | Différence | | | | | - 170 | + 430 | + 220 | + 390 |
| Zagné, K1 | 1973 | Avec engrais | | | | | 440 | 1 000 | 1 300 | 1 640 |
| | | Sans engrais | | | | | 130 | 540 | 530 | 860 |
| | | Différence | | | | | + 310 | + 460 | + 770 | + 780 |
| Soubré | 1973 | Avec engrais | | | | | | 500 | 1 300 | 1 470 |
| | | Sans engrais | | | | | | 160 | 530 | 600 |
| | | Différence | | | | | | + 340 | + 770 | + 870 |
| Tombokro | 1970 | Avec engrais | | | | | 1 200 | 2 400 | 2 000 | 2 200 |
| | | Sans engrais | | | | | 750 | 2 000 | 1 600 | 1 700 |
| | | Différence | | | | | + 450 | + 400 | + 400 | + 500 |
| | Recépé 1974 | | | | | | | | | |

de sécheresse nulle, mais il n'est pas rare d'avoir cinq mois consécutifs et plus avec une précipitation mensuelle inférieure à 100 mm.

L'effet de l'engrais est maximal dans les zones climatiques favorables à la cacaoculture, c'est-à-dire à pluviosité annuelle supérieure à 1 400 mm. Dans ce cas, la fréquence de sécheresse a beaucoup moins d'impact sur la production du cacaoyer, comme le

montrent les résultats obtenus à Zagné. Dans les conditions climatiques favorables, l'effet des engrais sera maximal dans les sols les moins dégradés, c'est-à-dire ayant un potentiel chimique élevé mais déséquilibré (cas de Divo, G1).

A la suite des résultats positifs obtenus dans les essais, on s'est efforcé de rationaliser la méthode du diagnostic sol, basée sur le bon sens de l'agronome.

TABLEAU II

Principales caractéristiques pédo-climatiques des régions où se situent les essais

| Situation | Roche mère | Sol | Chimie | | | | Climat | | |
|----------------|------------|--|--------|----------------------------------|---------------|--------------|--------|---|--------------------------------------|
| | | | N°/‰ | P ₂ O ₅ /‰ | BE méq/100 | T méq/100 | pH | Hauteurs moyennes annuelles mm | Fréquence de sécheresse (*) |
| Divo, G1 | Granite | Ferrallitique Faiblement désaturé Remanié Faiblement rajeuni | 1,43 | 0,52 | 8,54 | 10,8 | 6,5 | 1 680 | 0,4 |
| San Pedro, C3 | Gneiss | Ferrallitique Fortement désaturé Typique Faiblement remanié | 0,98 | 0,31 | 1,16 | 5,7 | 4,2 | 1 380** | 0,0** |
| Abougourou, I4 | Schiste | Ferrallitique Faiblement désaturé Remanié Modal | 2,23 | 0,54 | 6,71 | 13,5 | 5,2 | 1 360 | 4,4 |
| Zagné | Migmatite | Ferrallitique Fortement désaturé Modal Faiblement appauvri | 0,95 | 0,22 | 1,33 | 4,1 | 4,4 | 1 745 | 4,3 |
| Soubré | Migmatite | Ferrallitique Fortement désaturé Faiblement remanié Appauvri | 0,79 | 0,22 | 1,68 | 3,9 | 5,3 | 1 601 | 0,3 |
| Tombokro | Alluvions | Ferrallitique Moyennement désaturé Hydromorphe Pseudo-gley Légèrement appauvri | 1,18 | 0,29 | 9,03 | 12,6 | 6,9 | 1 264** | 3,7** |

* Fréquence de sécheresse : nombre d'années défavorables (un trimestre de moins de 50 mm par période décennale).

** Moyenne calculée sur huit ans, alors que les autres données climatiques concernent une période supérieure à vingt-huit ans.

et d'établir sur ordinateur un programme de calcul des besoins en engrais du cacao s'adaptant à toutes les conditions pédologiques et agronomiques du milieu et susceptible d'être modifié par de nouveaux résultats expérimentaux. Les travaux et les conclusions de cette recherche sont décrits dans le présent article.

Bases de calcul

Le calcul des fertilisants minéraux repose sur l'obtention de certains équilibres optimaux concernant le rapport N/P₂O₅ total et les pourcentages des bases échangeables K, Ca, Mg dans le total S.

Rapport N/P₂O₅ total

Le rapport initial peut être :

— < 1,5 (RNPO). Dans ce cas, on amène simplement la quantité de P₂O₅ assimilable (PA) à 0,4 ‰ (PAO = 0,4 ‰, dose à atteindre).

RNPO est, dans le programme Fortran qui est établi, un nom de variable. RNPO = 1,5 dans cette version, mais la valeur de cet optimum peut être modifiée, le cas échéant, à la suite de nouvelles expérimentations, de même que PAO.

— Compris entre 1,5 et 2 (RNPO et RNPL). Dans ce cas, on calcule la quantité de P₂O₅ de façon à :

- amener N/P₂O₅ total à 1,5 ;
- élever P₂O₅ assimilable à 0,4 ‰.

On prendra le maximum de ces deux valeurs calculées afin de satisfaire aux deux conditions. On procède de cette façon afin d'éviter un saut éventuel important pour des valeurs N/P₂O₅ total franchissant le seuil 1,5.

La valeur de la limite supérieure de la fourchette (RNPL) est fixée, pour l'instant, à 2, mais pourra être éventuellement modifiée, comme RNPO et PAO.

— > 2. On amène le rapport N/P₂O₅ total à 1,5. Cette opération apportera suffisamment de P₂O₅ assimilable en utilisant un engrais phosphaté adéquat.

Équilibre des bases échangeables

On corrige l'équilibre initial du sol en vue de l'établir à $K = 8 \%$ (XKO), $Ca = 68 \%$ (CAO), $Mg = 24 \%$ (XMGO) de S. Dans certains sols très déséquilibrés, on ne peut l'obtenir en conservant V (taux de saturation) $< 100 \%$: dans ce cas, on s'en approche au mieux. Les valeurs de XKO, CAO, XMGO pourront être modifiées, en entrée du programme, si les résultats ultérieurs des expérimentations conduisent à une légère modification de l'équilibre aujourd'hui retenu.

Taux de saturation

On élève le taux de saturation au-dessus de 60% en s'arrêtant au minimum possible entre 60 et 100% , l'équilibre précédent étant atteint.

Si le déséquilibre au départ est tel qu'on ne peut obtenir l'équilibre optimal des bases échangeables à $V < 100 \%$, on s'en approche au mieux en s'arrêtant à $V \neq 110 \%$ (les 10% en excès étant considérés comme marge).

Exportations moyennes retenues pour une tonne de cacao marchand y compris les cortex non restitués

Les valeurs suivantes représentent les moyennes de données relevées à différentes sources :

- N = 45 kg,
- K_2O = 65 kg,
- P_2O_5 = 13 kg,
- CaO = 10 kg,
- MgO = 13 kg.

Il est bien évident qu'une modification éventuellement apportée à ces valeurs n'aura aucune incidence sur le déroulement logique du programme de calcul.

Types d'engrais couramment utilisés

Engrais phosphatés

a) Phosphate tricalcique.

- 36% P_2O_5 (DPP2 = 36),
- 45% CaO (DCAP2 = 45).

b) Superphosphate triple (IP = 1)

- 44% P_2O_5 (DPP1),
- 20% CaO (DCAP1).

Superphosphate simple (IP = 2)

- 18% P_2O_5 (DPP1),
- 28% CaO (DCAP1).

Phosphate bicalcique (IP = 3)

- 38% P_2O_5 (DPP1),
- 30% CaO (DCAP1).

Engrais potassiques

Chlorure de potassium (IK = 1)

- 60% K_2O (DK).

Sulfate de potassium (IK = 2)

- 48% K_2O (DK).

Engrais complet

8-4-20 (par exemple)

- 20% K_2O (COMPN = 8 ; COMPP = 4 ; COMPK = 20).

Engrais calco-magnésiens

Chaux magnésienne (IMG = 1)

- 40% MgO (DMG),
- 55% CaO (DCA).

Dolomie (IMG = 2)

- 18% MgO (DMG),
- 27% CaO (DCA).

Engrais calcaire

Chaux

- 67% CaO (DCAO).

Engrais magnésien

Kiésérite

- 27% MgO (DMGK).

Les doses en éléments fertilisants des engrais indiqués ici sont celles plus couramment observées. Si elles sont différentes pour les engrais disponibles, il suffit de l'indiquer avec l'envoi du bordereau de données : la valeur des variables DPP2, DCAP2, DPP1, etc... est modifiée en conséquence à l'entrée du programme. De même, les types d'engrais peuvent également être différents, le programme devant alors être légèrement modifié en instruction « DATA ».

Mode d'épandage

Les engrais doivent être épandus en couronne de 80 cm de large environ, autour de chaque cacaoyer,

b) Si le rapport N/P_2O_5 , total est compris entre 1,5 et 2, on calcule la quantité de P_2O_5 à apporter de façon à :

— amener N/P_2O_5 , total à 1,5

$$POPT = N/1,5$$

$$QP = (POPT - PT) \times D \times E \times 10 \times 0,5$$

— amener P_2O_5 assimilable à 0,4 ‰ (formule précédente).

On prend alors le maximum des deux valeurs afin de satisfaire aux deux conditions.

c) Si le rapport initial est supérieur à 2, on amène simplement ce rapport à 1,5, cette opération apportant assez de P_2O_5 assimilable en utilisant un engrais phosphaté adéquat.

Quel que soit le cheminement suivi (a2, b, c), le choix de l'engrais à apporter dépend de la valeur du pH.

pH < 5. On choisit le phosphate tricalcique (a), à forte dose de CaO (45 %), car il a la possibilité de libérer du phosphore assimilable dans les sols acides, ce qui ne se produit pas dans les sols neutres ; d'une part, il augmente rapidement le pH et, d'autre part, il est moins coûteux, pour le même effet, que le super-triple.

Les quantités de cet engrais à apporter sont (en kg/ha) :

— pour la correction $QE(2) = QP \times 100/DPP2$ qui apportera en sus

$$CaO : QPCA = QE(2) \times DCAP2/100 ;$$

— pour l'exportation de PRODES tonnes de cacao à l'hectare : $QER(2) = 13 \times PRODES \times 100/DPP2$ qui apportera en sus CaO : $QPRCA = QER(2) \times DCAP2/100$.

pH > 5. Super-triple, super-simple, phosphate bicalcique (b), pour un apport plus faible de CaO libèrent plus de P assimilable.

Les quantités suivantes sont nécessaires (en kg/ha) :

— pour la correction : $QE(1) = QP \times 100/DPP1$ qui apportera CaO en sus :

$$QPCA = QE(1) \times DCAP1/100 ;$$

— pour l'exportation :

$QER(1) = 13 \times PRODES \times 100/DPP1$ qui apportera CaO en sus :

$$QPRCA = QER(1) \times DCAP1/100 .$$

Sont calculés ensuite :

- la somme des bases échangeables (SI)
- l'équilibre des bases échangeables (PIK, PICA, PIMG)
- le taux de saturation (VI)

L'apport complémentaire de CaO par l'engrais correctif est traduit en méq/100 g de terre par :

$$CAP = QPCA / (28,1 \times D \times E \times 0,1 \times 0,5) .$$

(méq/100 g)

En effet :

$$QPCA = 10\,000 \times \begin{matrix} \text{Surface} \\ \text{en m}^2 \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Tranche} \\ \text{de sol} \\ \text{en m} \end{matrix} \times \begin{matrix} \text{Poids ap-} \\ \text{parent} \\ \text{en kg} \\ \text{de 1 m}^3 \\ \text{de terre} \end{matrix} \times \frac{CAP}{0,1} \times \frac{F}{10^6} \times 0,5 .$$

F étant le nombre de mg-d'oxydes ($F/10^6$ en kg) nécessaires pour avoir 1 méq, soit :

47,1 pour K,
28,1 pour Ca,
20,16 pour Mg.

D'où l'on tire CAP en fonction de QPCA. CAP est ajouté au Ca initial par l'instruction Fortran : $CA = CA + CAP$. S est augmenté de CAP. VT est le nouveau taux de saturation après cette première correction du sol.

Correction de l'équilibre K/Ca/Mg et du taux de saturation

Si VT est supérieur ou égal à 60 %, on conserve S comme base de départ, sinon on l'amène à 60 % de T par l'instruction $S = T \times 60/100$.

La boucle suivante, commençant par l'instruction $SI = S$ et se terminant par l'instruction S/SI ou $S1/S > 1,001$ est parcourue n fois.

Dans cette boucle, à chaque passage, et successivement pour Ca, Mg et K (dans l'ordre des pourcentages décroissants à obtenir, pour que la correction se fasse plus rapidement, c'est-à-dire pour que la boucle soit parcourue un nombre n fois minimal) :

— on calcule les pourcentages de chaque élément par rapport à S ;

— si ce pourcentage est supérieur à la valeur optimale, on passe à l'élément suivant ;

— si ce pourcentage est inférieur à la valeur optimale, on calcule le nombre de milliéquivalents pour obtenir cet optimum par les opérations :

$S \times 0,68$ pour Ca,
 $S \times 0,24$ pour Mg,
 $S \times 0,08$ pour K.

S est réajusté à chaque fois et les pourcentages.

sont-ensuite recalculés avec la dernière valeur ajustée de S.

On sort de cette boucle quand la valeur finale de S n'est pas différente de celle de S trouvée à la boucle précédente de plus de 1‰ par exemple : des passages supplémentaires n'apportant alors que de minimes modifications. Les dernières valeurs de Ca, Mg, K, calculées, représentent les nombres de méq/100 g à obtenir dans le sol pour réaliser, au mieux, la correction désirée, c'est-à-dire pour la réaliser avec un taux de saturation supérieur à 60 %, mais le plus près possible de 60 %.

Au sortir de cette boucle, S est parfois supérieur à T. Cela se produit lorsqu'un, au moins, des éléments est en quantité supérieure à l'optimum le concernant. Ca, par exemple, est parfois supérieur à 0,68 T. Dans ce cas, on n'en apporte pas (quoique la correction phosphatée entraîne un apport non désiré de Ca), mais le calcul imposant à K et Mg d'approcher respectivement 8 % et 24 % de S, le total des trois éléments devient supérieur à T. Si S est supérieur à T, on ne tient pas compte de la boucle précédente, et on retient pour chaque élément le maximum des deux valeurs : optimum pour S = T, valeur initiale. S restera évidemment supérieur à T, mais le ou les éléments en excédent ne seront pas apportés pour compenser les exportations dues à la récolte et on s'acheminera, au bout d'un temps indéterminable au départ, vers l'équilibre recherché, avec S se rapprochant peu à peu de T. Dans ce cas, un indicateur (IFLAG1) est positionné à 1 ; il permettra d'indiquer cette situation à l'impression.

Les doses à obtenir des éléments K, Ca, Mg et leur somme $S = XK + CA + MG$ étant déterminées, il suffit de calculer les divers engrais à appliquer pour y arriver.

Calcul des quantités d'engrais

Engrais potassique

Le nombre de méq de potassium par 100g de terre à apporter est $(XK - XKI)$ et la quantité d'oxyde par ha :

$$QK = 10\,000 \times \frac{E}{\text{Surface en m}^2} \times \frac{D}{\text{Epaisseur m}} \times \frac{47,1/10^6}{\text{Densité kg/m}^3} \times 0,5$$

$\times \frac{(XK - XKI) \times 10}{\text{Nbre de méq à apporter par kg de terre}} \times \frac{\text{Nbre de kg d'oxyde pour 1 méq}}{47,1/10^6} \times \frac{\text{Moitié de la surface}}{0,5}$

$$QK = (XK - XKI) \times 47,1 \times E \times D \times 0,1 \times 0,5.$$

Deux cas sont à considérer :

$N/P_2O_5t < 1,5$: on apporte la potasse sous deux formes : 2/3 sous forme de chlorure (ou sulfate), $QE(3) = QK \times 2/3 \times 100/DK$; 1/3 sous forme de complexe NPK (8-4-20 par exemple),

$$QE(4) = QK \times 1/3 \times 100/COMP.K.$$

L'apport d'azote augmentera légèrement le rapport N/P sans inconvénient et peut-être avec intérêt dans ce cas.

$N/P_2O_5t > 1,5$: on apporte la potasse sous forme de chlorure (ou sulfate) uniquement :

$$QE(3) = QK \times 100/DK.$$

Parallèlement, on calcule la quantité de chlorure (ou sulfate) de potassium nécessaire pour une exportation de PRODES tonnes de cacao à l'ha

$$QER(3) = 65 \times \text{PRODES} \times 100/DK.$$

Si $QK = 0$, on compensera tout de même les exportations, car elles sont relativement importantes.

Engrais magnésien

Le nombre de méq/100 g de magnésium à apporter est $(XMG - XMGi)$ et la quantité d'oxyde par hectare est :

$$QMG = (XMG - XMGi) \times 20,16 \times E \times D \times 0,1 \times 0,5.$$

La grande boucle qui suit va permettre d'ajuster au mieux les quantités d'engrais à apporter, en tenant compte de l'excédent de CaO apporté pratiquement à tout coup par les engrais nécessaires aux exportations. Cet excédent est dû aux types d'engrais choisis, le plus souvent trop riches en CaO (supertriple, phosphate tricalcique, chaux magnésienne, dolomie). Si on choisissait des engrais différents pour l'exportation et la correction, cela augmenterait de façon inacceptable le nombre de types d'engrais dans le complexe.

Nous ne connaissons pas le temps de correction à ce stade du programme. On le calcule par cette boucle de la façon suivante : on introduit au départ un temps de correction fictif (TPS = 1 an par exemple). En fin de boucle, on calcule un premier temps de correction intermédiaire, que l'on réinjecte au départ de la boucle. On recommence les calculs et on trouve un nouveau temps. Par itérations successives, on s'approche du temps théorique exact de correction. On sort de la boucle quand deux temps successifs ne sont pas différents de plus de 1 %, par exemple (TPS et TPSC). Dans ce cas, on positionne le second flag (IFLAG2) à 1 ; on arrondit le temps de correction à l'année supérieure, on repasse une dernière fois dans la boucle avec ce temps définitif de correction et on en sort pour imprimer les résultats.

Voyons le détail de cette boucle.

— Si Ca à obtenir n'est pas supérieur à la somme :
Ca initial + Ca apporté par l'engrais phosphaté
(correction du sol) :

- QMG = 0 (Mg non nécessaire), on compense l'exportation de Mg :

$$QER(7) = 13 \times PRODES \times 100/DMGK.$$

Les calculs d'engrais sont terminés.

- QMG > 0, on apporte Mg sous forme de kiésérite contenant Mg seul :

$$QE(7) = QMG \times 100/DMGK.$$

L'exportation de Mg est compensée par QER(7).

Dans les deux cas, on ne compense pas l'exportation relativement faible de Ca en quantité suffisante dans le sol.

— Dans le cas contraire, on apportera Mg sous forme de dolomie ou de chaux magnésienne (c).

Engrais calco-magnésien ou calcique

Ca étant nécessaire, la quantité de CaO à apporter par hectare est :

$$QCA1 = (CA - (CAI + CAP)) \times 28,1 \times E \times D \times 0,1 \times 0,5$$

(CAP étant apporté par l'engrais phosphaté nécessaire à la correction du rapport N/P₂O₅t).

Deux cas sont à considérer :

$$QMG = 0$$

Aucun apport de Mg n'est nécessaire. On apporte de la chaux uniquement.

— Si QPRCA > 10 × PRODES, c'est-à-dire si la quantité de CaO apportée par l'engrais phosphaté nécessaire à l'exportation de P est supérieure aux besoins en Ca pour la récolte escomptée, on calcule uniquement la quantité de chaux nécessaire à la correction du sol en tenant compte de l'excédent pendant TPS ans par l'instruction :

$$QE(5) = (QCA1 - (QPRCA - 10 \times PRODES) \times TPS) \times 100/DCAO.$$

— Si QPRCA < 10 × PRODES, on calcule :

$$QE(5) = QCA1 \times 100/DCAO \text{ (correction)}$$

$$QER(5) = (10 \times PRODES - QPRCA) \times 100/DCAO \text{ (exportation)}.$$

Dans les deux cas, on compense toutefois l'exportation de Mg [QER(7)].

$$QMG > 0$$

On apporte un engrais calco-magnésien (dolomie ou chaux magnésienne) : QE(6) = QMG × 100/DMG (qui contient QE(6) × DCA/100 kg de CaO).

L'exportation de Mg est compensée par : QER(6) = 13 × PRODES × 100/DMG qui apportera également une certaine quantité de CaO : QER(6) × DCA/100 toujours supérieure aux be-

soins, étant donné la composition de ces engrais. QCA2 écrit dans l'organigramme représente la quantité de CaO nécessaire en tenant compte de tous les apports éventuels précédents durant la période de correction (TPS ans). Si QCA2 est positif, on apporte un supplément de chaux [QE(5)]. Si QCA2 est négatif, on recalcule la quantité de chaux magnésienne [QE(6)], de façon à n'apporter que la quantité de CaO nécessaire :

— Si QE(6) < 0, on annule QE(6) et QER(6) et on compense l'exportation de Mg par QER(7), puis on corrige Mg du sol par :

$$QE(7) = (QMG - QE(6) \times DMG/100) \times 100/DMGK ;$$

QE(6) est nul dans ce cas ;

— Si QE(6) > 0, on complète Mg nécessaire à la correction par QE(7) précédent où cette fois-ci QE(6) n'est pas nul.

A la fin de ces divers cheminements, on calcule :

— le total des engrais nécessaires à la correction (TOTEC) ;

— le total des engrais nécessaires aux exportations annuelles (TOTEX).

Si le flag 2 (IFLAG2) est positionné à 0, on calcule la quantité maximale annuelle d'engrais que l'on peut consacrer à la correction :

$$QMAXCA = TOTENG - TOTEX,$$

le temps de correction intermédiaire

$$TPSC = TOTEC/QMAXCA.$$

On examine ensuite si TPS, temps précédent, et TPSC, temps actuel, sont différents de plus de 1 %.

— Si oui, on transfère TPSC dans TPS, on annule les variables de totalisation, les QE(i) et QER(i) (i de 5 à 7) et on recommence la grande boucle.

— Si non, on positionne IFLAG2 à 1, on arrondit le temps de correction à l'unité supérieure, on annule les variables précédentes, on repasse une dernière fois dans la boucle puis, en passant dans le test sur IFLAG2, qui cette fois-ci est égal à 1, on sort de cette boucle pour effectuer les calculs suivants :

- QMAXCA = TOTEC/TPS représente la quantité annuelle d'engrais à consacrer à la correction après avoir arrondi TPS à l'unité supérieure ;

- Q = (QMAXCA + TOTEX)/DENS représente la quantité annuelle d'apport d'engrais par arbre, correction et exportation ensemble ;

- par type d'engrais :

| | correction | exportation | total |
|-------------------|------------|-------------|-----------|
| pourcentage | POURC(i) | POURE(i) | POURCT(i) |
| quantité/ha/an | PDTC(i) | QE(i) | QT(i) |
| quantité/arbre/an | PDAC(i) | PDSE(i) | PDST(i) |

- QTCA = total d'engrais annuel/arbre pour la correction ;
- QTEA = total d'engrais annuel/arbre pour les exportations ;
- QTCAN = total d'engrais annuel/ha pour la correction ;
- QTEAN = total d'engrais annuel/ha pour les exportations ;
- QTAN = total d'engrais annuel/ha pour la correction et les exportations.

Sont ensuite calculés :

— La dose d'azote approximative dans le sol en fin de correction (XNF), faisant intervenir la ponction par les exportations, mais ne tenant pas compte des apports par les eaux de pluie et la vie dans le sol, donc sous-estimée.

— La dose finale de P_2O_5 total (PTF).

— Le rapport N/Pt final (XNF/PTF) sous-estimé pour les raisons ci-dessus.

— L'équilibre final des bases échangeables après calcul de CaO effectivement obtenu dans le sol. On a vu que suivant certains cheminements, l'exportation de CaO pouvait ne pas être compensé. Par contre, si le phosphate tricalcique est utilisé, la compensation des exportations peut amener un excédent de CaO.

En fin de compte, on pourra se situer légèrement au-dessous ou au-dessus de 68 % pour CaO en fin de correction, mais l'écart est négligeable.

— La somme finale des bases échangeables et le taux final de saturation.

Tous ces résultats sont imprimés suivant les modèles joints (voir annexes) avec en sus :

— les quantités d'oxydes en kg/ha à apporter pour la correction totale du sol (QP, QK, QCA, QMG) qui peuvent, le cas échéant, permettre de recalculer les quantités de fertilisants si ceux-ci sont de type différent de ceux proposés ;

— le temps de correction :

- si $S < T$ (IFLAG1 = 0), le temps de correction est déterminé ;
- si $S > T$ (IFLAG1 = 1), en fin de calcul, le temps de correction est indéterminé. Le temps est celui nécessaire pour arriver à l'équilibre final imprimé.

A la fin du temps théorique de correction, et au plus tard la quatrième année, l'évolution du sol sera contrôlée afin de faire, si nécessaire, un réajustement pour compenser les pertes par lessivage et les mobilisations par les charpentes des cacaoyers. Il est bien évident que, pratiquement, on arrondira les quantités d'engrais à apporter, calculées au gramme près par l'ordinateur.

Considérations diverses

— Les nombres et dates d'épandage, suivant les éléments, ont fait et font encore l'objet de diverses expérimentations. Les époques optimales semblent être les suivantes pour les divers éléments à apporter :

P : favorisant la floraison, P doit être apporté juste avant cette période (mars en Côte d'Ivoire et au Cameroun). Il sera apporté en une seule fois.

K : ayant une influence favorable sur la nouaison, K devrait être apporté au milieu de la période de nouaison, soit en mai (Côte d'Ivoire, Cameroun) et d'autre part en juillet au moment de la croissance des cabosses (les cortex sont relativement riches en potassium). L'engrais potassique étant très soluble, et donc très lessivable, ce fractionnement des apports ne peut être que bénéfique.

Ca et Mg : apportés ensemble Ca et Mg peuvent être épandus en même temps que le premier épandage de K en une seule fois. Notons que, si Mg doit être utilisé seul, l'époque d'épandage la plus favorable est novembre en fin de cycle, car il a une action favorable sur la tenue des feuilles, mais il est bien évident qu'on ne peut, pour des raisons économiques, multiplier les épandages.

En conclusion, on peut préconiser trois épandages par an : P avant la floraison ; K (1/2 dose), Ca et Mg au moment de la nouaison ; K (1/2 dose) deux à trois mois après.

— Nous avons vu que la quantité totale d'engrais à apporter par ha et par an devait être déterminée par l'agronome responsable. Cette quantité est fonction des propriétés physiques et chimiques du sol et de l'âge de la plantation. Le temps de correction sera fonction de la richesse et des équilibres initiaux et s'étendra sur quelques années. On peut commencer la correction dès la mise en place des jeunes plants avec des doses ainsi estimées : les jeunes cacaoyers, au fur et à mesure de leur croissance, trouveront un sol en voie de correction. Notons également que si la terre utilisée en pépinière provient de sols désaturés, il est recommandé de mélanger à celle-ci le complexe de rééquilibre à raison de 15 g/10 kg de terre. Par ailleurs, on mélangera à la terre utilisée lors du comblement de chaque trou de plantation (40 × 40 × 40 cm) 100 g de ce même complexe (6).

Quand la correction du sol est effectuée sur une plantation en production, on ne peut enfouir les engrais dans la couronne d'épandage sans endommager le chevelu racinaire développé dans la couche superficielle. Il est recommandé de les épandre en surface. Par contre, après la mise en place des jeunes plants, la première année, et même la seconde année

selon le développement du système racinaire, il sera avantageux de les enfouir superficiellement par un léger sarclage à la surface des couronnes d'épandage définies précédemment, afin de favoriser la pénétration et la fixation des éléments fertilisants et de limiter les pertes par ruissellement en surface lors de pluies violentes (pertes d'autant plus importantes que le terrain est plus accidenté et que le sol reste relativement découvert pendant cette période). D'autre part, cette petite façon culturale facilitera la progression des racines latérales.

— Pour calculer les quantités de fertilisants minéraux nécessaires à la correction du sol, il faut avoir une bonne estimation du potentiel de celui-ci. Les échantillons de sol sont prélevés à la tarière, sous forme de cylindres de 6 cm de diamètre sur E cm de profondeur (20 cm en Côte d'Ivoire), après avoir dégagé la surface du sol des débris végétaux. L'étude de la dispersion des résultats d'analyses dans un champ, élément par élément, aboutit à des coefficients de variation élevés. La moyenne des coefficients observés en plusieurs points de Côte d'Ivoire est de l'ordre suivant : 20 % pour Pt et N, 25 % pour C, Mg et T, 50 % pour K et Ca, 6 % pour le pH. La précision, par élément, de la moyenne des données recueillies sur un échantillon étant de $2 C. V. / \sqrt{n}$ (en % de la moyenne), on constate qu'il faut un nombre important de prises, dans une zone, pour que l'intervalle de confiance soit raisonnable. Cent échantillons sont nécessaires, en Côte d'Ivoire par exemple, pour avoir des moyennes entourées d'un intervalle de confiance compris entre 2 et 10 % environ de cette moyenne suivant l'élément considéré. Mais, les coefficients de variation ayant été estimés par une étude préalable, il n'est pas ensuite nécessaire d'effectuer les analyses pour chaque échantillon : il suffit d'homogénéiser l'ensemble et de prélever dans la masse quelques sous-échantillons (échantillonneur-diviseur), dont le nombre est à définir, car il dépendra de la valeur de l'homogénéisation et de la répétabilité de la méthode d'analyse.

Choix des engrais

pour compenser uniquement les exportations après la correction du sol, ou dans le cas d'un sol bien équilibré ; par tonne de cacao marchand (cortex non restitués)

Apport de P_2O_5

Phosphate tricalcique. Pour fournir 13 kg de P_2O_5 , il faut $13 \times 100/36 = 36,11$ kg de phosphate tricalcique qui apporteront en même temps :

$36,11 \times 45/100 = 16,25$ kg de CaO. Les besoins étant de 10 kg, cet engrais est à proscrire si, la correction du sol ayant été bien effectuée, on désire uniquement compenser les exportations, sinon l'excès de CaO s'accumulant d'année en année romprait l'équilibre obtenu. En outre, la correction du sol a élevé le pH au-dessus de 5 et, dans ce cas, comme nous l'avons vu précédemment, cet engrais n'est pas à utiliser.

Super-simple. Il faut 72,2 kg de super-simple qui apporteront 20,2 kg de CaO. Il est à proscrire également.

Super-triple. Il faut 29,5 kg de super-triple qui apporteront 5,9 kg de CaO. Celui-ci convient. Il faudra même un supplément de 4,1 kg de CaO.

Phosphate bicalcique. Il faut 34,2 kg de phosphate bicalcique, qui apporteront également 10,3 kg de CaO, c'est-à-dire, à quelque chose près, la quantité nécessaire en CaO. Le phosphate bicalcique convient donc parfaitement.

Apport de K_2O

La correction du sol étant effectuée, le pH est supérieur à 5 et il est recommandé dans ce cas d'apporter K, pour un tiers, par un complexe NPK à forte dominance potassique, et, pour deux tiers, par le chlorure ou le sulfate de potassium. Par exemple :

108 kg de 8-4-20 + 72 kg de chlorure de potassium,
ou 108 kg de 8-4-20 + 90 kg de sulfate de potassium.

Apport de MgO

Chaux magnésienne. $13 \times 100/40 = 32,5$ kg de chaux magnésienne apporteront les 13 kg de MgO nécessaires, mais apporteront également 18 kg de CaO, alors que les besoins sont de 10 kg. Cet engrais n'est donc pas à recommander quand on veut compenser uniquement les exportations.

Dolomie. $13 \times 100/18 = 72,2$ kg de dolomie nécessaires à l'apport de Mg apporteront également 19,5 kg de CaO. Elle est à proscrire également.

Kiésérite. 48 kg de kiésérite apporteront les 13 kg de MgO désirés uniquement.

Apport de CaO

Suivant les engrais choisis, on apportera ou n'apportera pas de CaO sous forme de chaux.

Les complexes suivants conviennent, par exemple, pour compenser les exportations d'une tonne de cacao marchand :

| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|--|---|-------------------------------|------------------|-----|-----|
| 1. 20 kg de super-triple | | 9 | | 4 | |
| 108 kg de 8-4-20 | 9 | 4 | 22 | | |
| 72 kg de Clk (90 kg de SO ₄ K ₂) | | | 43 | | |
| 48 kg de kiésérite | | | | | 13 |
| 9 kg de chaux | | | | 6 | |
| Total 257 kg (275 kg) | 9 | 13 | 65 | 10 | 13 |
| 2. 24 kg de phosphate bicalcique | | 9 | | 7 | |
| 108 kg de 8-4-20 | | 4 | 22 | | |
| 72 kg de Clk (90 kg de SO ₄ K ₂) | | | 43 | | |
| 48 kg de kiésérite | | | | | 13 |
| 5 kg de chaux | | | | 3 | |
| Total 257 kg (275 kg) | 9 | 13 | 65 | 10 | 13 |

Le total des oxydes et azote nécessaire à l'exportation d'une tonne de cacao marchand étant de 110 kg (en utilisant le 8-4-20), on pourrait envisager de faire confectionner par l'industrie des granulés d'un complexe comportant pour 100 kg de ce total : 8 % de N, 12 % de P₂O₅, 59 % de K₂O, 9 % de CaO, 12 % de MgO. En utilisant les types d'engrais précédents, il faut 257 kg de complexe qu'on peut caractériser par la formule commerciale suivante : 3,5(N)/5(P₂O₅)/25(K₂O)/4(CaO)/5(MgO). Ce complexe serait d'utilisation aisée par les planteurs après correction du sol ou dans des sols approximativement équilibrés. On pourra, si le contrôle de l'évolution du sol le suggère, augmenter l'apport d'azote en changeant le complexe NPK 8-4-20 par un autre plus riche en azote.

Conclusions

Le programme établi pour la correction chimique du sol est basé sur l'établissement d'équilibres anionique et cationique favorables à la croissance et à la production des cacaoyers, qui ont été définis en Côte d'Ivoire, puis confirmés au Cameroun. Un affinement ou même une modification des valeurs retenues aujourd'hui, à la suite de nouvelles expérimentations, n'auront pas d'incidence sur le déroulement du programme ; il suffira, en effet, de modifier les valeurs de RNPO, RNPL, d'une part, XKO, CAO et XMGO, d'autre part, en entrée. De même,

les valeurs retenues concernant les exportations par la récolte peuvent être ajustées sans difficulté. Le programme tient compte des types d'engrais disponibles et de leurs dosages. On pourrait également faire intervenir les apports par les eaux de pluie, qui ne sont parfois pas négligeables pour certains éléments, notamment N et K, s'ils étaient connus approximativement secteur par secteur. Enfin, sur ordinateur IBM 360/65, par vecteur de données, le temps de calcul est d'une demi-seconde environ et le coût inférieur à 1 F (sur IBM 3033, 0,03 s et 0,50 F).

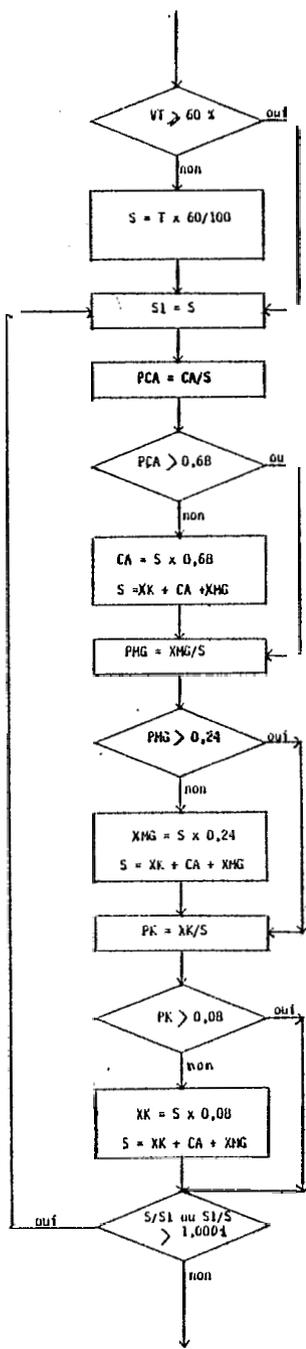
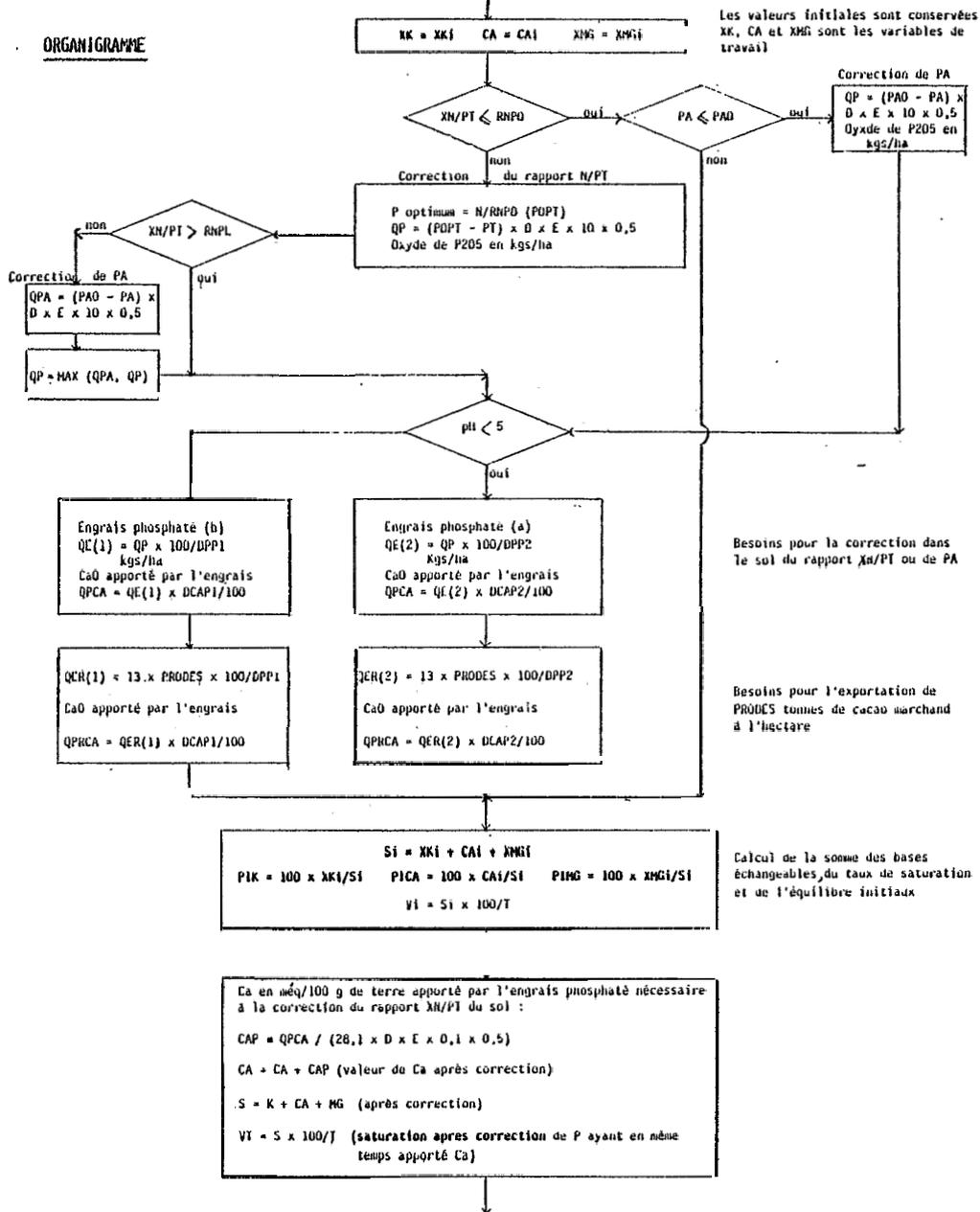
BIBLIOGRAPHIE

- JADIN (P.), 1972. — Etude de la fertilisation minérale des cacaoyers en Côte d'Ivoire à partir du « diagnostic sol ». *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, n° 3, p. 204-218.
- BOYER (J.), 1973. — Cycles de la matière organique et des éléments minéraux dans une cacaoyère camerounaise. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVII, n° 1, p. 3-23.
- JADIN (P.), 1975. — L'utilisation du « diagnostic sol » pour l'estimation des besoins en engrais des cacaoyères ivoiriennes. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIX, n° 3, p. 203-246.
- SNOECK (J.), 1975. — Variations de la pluviosité en zone forestière ivoirienne. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XIX, n° 3, p. 165-176.
- JADIN (P.), 1976. — Relation entre le potentiel chimique des sols de Côte d'Ivoire et la production des cacaoyers. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XX, n° 4, p. 287-296.
- PAVIOT (J.), 1977. — La nutrition minérale du cacaoyer à la station de Nkoemvone : bilan et perspectives. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXI, n° 4, p. 245-252.

LECTURE :

- du numéro de l'échantillon
- de N (XN), P total (PT), P assimilable (PA) sous forme de P205, en %, du poids de terre
- de K (XK), Ca (CA), Mg (XMG), I en mg pour 100 g de terre, de pH
- de la densité de plantation (DENS), de la production escomptée (PRODES), de l'épaisseur du sol à corriger (E), de la densité apparente du sol (D), de la quantité maximum d'engrais à apporter par hectare et par an (TOTENG).

ORGANIGRAMME



Boucle :

Calcul des quantités de K, Ca, Mg nécessaires pour s'approcher au mieux de l'équilibre recherché, par itérations successives. On en sort quand la quantité S, trouvée à la fin d'une boucle, ne diffère pas de celle de la boucle précédente de plus de 1 % par exemple.

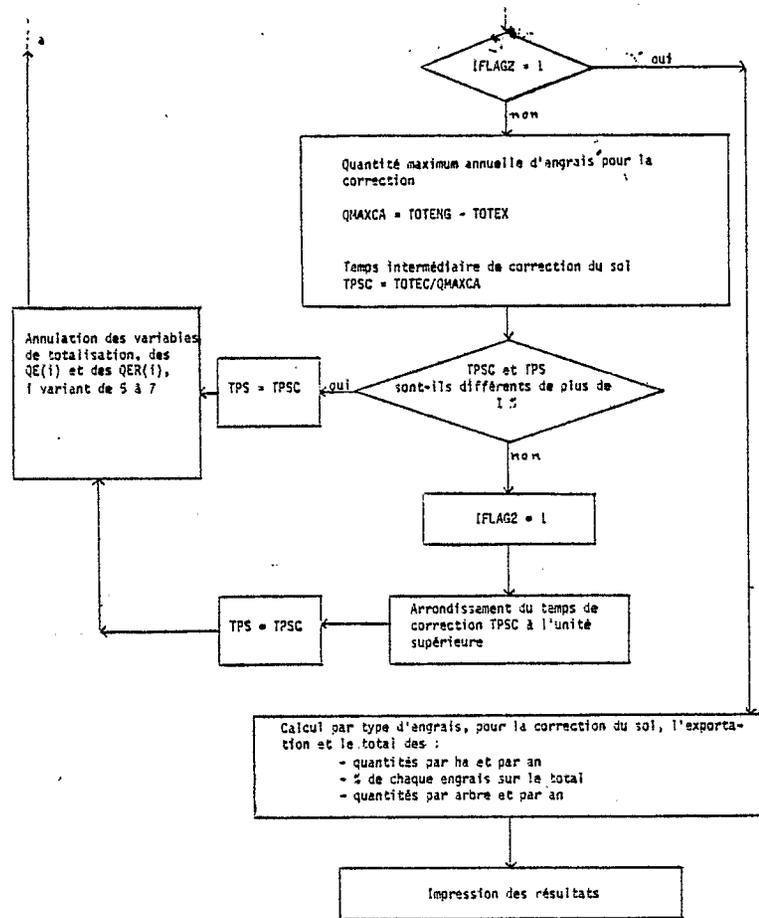
Rapport que l'on peut placer aussi près de 1 que l'on veut

Organigramme

ANNEXES

Organigramme (suite)

5



Programme Fortran

1

2

```

DIMENSION QE(7),POURC(7),PDTC(7),PDAC(7),QER(7),PQSE(7),
1QT(7),POURCT(7),PDST(7),POURE(7),
2PHOS(4,3),POTA(4,2),CAM(4,2),COMP(2)
DATA COMP/1,8-1,14-20//,PHOS/P,SU,P,PERT,RIPL,E,P,SU,
1,PERT,IMPL,E,P,BI,CALC,IQUE,POTA/CHLO,RUR
2E,DE,K,SULF,ATE,DE,K,CAM/CHAU,X,HA,
3IGNES,,DOLO,MIE,
IP=2
IK=1
IMG=1
RNPO=1.5
RNPL=2.
XKO=0.08
CAO=0.68
XMG=0.24
PAO=0.4
DPP1=18.
DCAP1=28.
DPP2=36.
DCAP2=45.
DCA=60.
DCA=55.
DMG=40.
DCAO=67.
DMGK=27.
COMPN=8.
COMPP=4.
COMPK=20.
1 READ(5,100,END=15)IL,XN,PT,PA,XKI,CAI,XMGI,T,PH,DENS,PRODES,E,D,
1TOTENG
100 FORMAT(4X,I3,4(1X,F4.3),1X,F4.2,1X,F3.2,1X,F4.2,1X,F3.2,1X,F4.0,
11X,F2.1,1X,F3.2,1X,F4.0,1X,F4.0)
Q=TOTENG/DENS
IFLAG1=0
IFLAG2=0
TPS=1.
XK=XKI
CA=CAI
XMG=XMGI
DO 30 I=1,7
QE(I)=0.0
POURC(I)=0.0
QER(I)=0.0
PDTC(I)=0.0
PDAC(I)=0.0
POURE(I)=0.0
PQSE(I)=0.0
QT(I)=0.0
POURCT(I)=0.0
30 PDST(I)=0.0
QTCAN=0.0
QTEAN=0.0
QP=0.0
QK=0.0
DMG=0.0
QCAI=0.0
QPCA=0.0

```

```

QPRCA=0.6
CAP=0.
QCA=0.
QTEA=0.0
TOTEC=0.0
TOTEX=0.0
RNP=XN/PT
IF(RNP,LE,RNPO)GO TO 3
POPT=XN/RNPO
QP=(POPT-PT)*D*E*10.*0.5
IF(RNP,GT,RNPL)GO TO 4
QPA=(PAO-PA)*D*E*10.*0.5
QP=AMAX1(QP,QPA)
4 IF(PH,LT,5.1)GO TO 2
QE(1)=QP*100./DPP1
QPCA=QE(1)*DCAP1/100.
QER(1)=13.*PRODES*100./DPP1
QPRCA=QER(1)*DCAP1/100.
GO TO 6
2 QE(2)=QP*100./DPP2
QPCA=QE(2)*DCAP2/100.
QER(2)=13.*PRODES*100./DPP2
QPRCA=QER(2)*DCAP2/100.
GO TO 6
3 IF(PA,GT,PAO)GO TO 6
QP=(PAO-PA)*D*E*10.*0.5
GO TO 4
6 S=XK+CA+XMG
SI=S
PIK=100.*XKI/SI
PICA=100.*CAI/SI
PIMG=100.*XMGI/SI
VI=SI*100./T
CAP=QPCA/(28.1*D*E*0.1*0.5)
CA=CA+CAP
S=XK+CA+XMG
VT=S*100./T
IF(VT,GT,60.1)GO TO 201
S=I*60./100.
201 SI=S
PCA=CA/S
IF(PCA,GT,CAO)GO TO 101
CA=S*CAO
S=XK+CA+XMG
101 PMG=XMG/S
IF(PMG,GT,XMGO)GO TO 102
XMG=S*XMGO
S=XK+CA+XMG
102 PK=XK/S
IF(PK,GT,XKO)GO TO 103
XK=S*XKO
S=XK+CA+XMG
103 IF(AMAX1(S,S1)/AMIN1(S,S1),GT,1.0001)GO TO 201
IF(S,LE,1.1*T)GO TO 400
IFLAG1=1
CA=AMAX1(CAO*T,(CAI+CAP))
XMG=AMAX1(XMGO*T,XMGI)
XK=AMAX1(XKO*T,XKI)

```

```

400 S=CA+XMG+XK
    QK=(XK-XKI)*47.1*D*E*0.1*0.5
    QCA=(CA-CAI)*28.1*D*E*0.1*0.5
    IF (RNP.LE.RNPO) GO TO 8
    QE(3)=QK*100./DK
    QER(3)=65.*PRODES*100./DK
    GO TO 9
8    QE(3)=(QK*2./3.)*100./DK
    QER(3)=65.*PRODES*100./DK
    QE(4)=(QK/3.)*100./COMPX
9    QMG=(XMG-XHG)*20.16*D*E*0.1*0.5
600 IF ((CA-CAI).GT.CAP) GO TO 11
    IF (QMG.EQ.0.) GO TO 51
    QE(7)=QMG*100./DMGK
    QER(7)=13.*PRODES*100./DMGK
    GO TO 50
51  QER(7)=13.*PRODES*100./DMGK
    GO TO 50
11  QCA1=(CA-(CAI+CAP))*28.1*D*E*0.1*0.5
    IF (QMG.EQ.0.) GO TO 10
    QE(6)=QMG*100./DMG
    QER(6)=13.*PRODES*100./DMG
    QCA2=QCA1-QE(6)*DCA/100.- (QER(6)*DCA/100.-10.*PRODES*QPRCA)*TPS
    IF (QCA2.LE.0.) GO TO 40
    QE(5)=QCA2*100./DCAO
    GO TO 50
40  QE(6)=(QCA1-(QER(6)*DCA/100.-10.*PRODES*QPRCA)*TPS)*100./DCA
    IF (QE(6).GE.0.) GO TO 41
    QE(6)=0.
    QER(6)=0.0
    QER(7)=13.*PRODES*100./DMGK
41  QE(7)=(QMG-QE(6)*DMG/100.)*100./DMGK
    GO TO 50
10  IF (QPRCA.LT.10*PRODES) GO TO 12
    QE(5)=(QCA1-(QPRCA-10*PRODES)*TPS)*100./DCAO
    QER(7)=13*PRODES*100./DMGK
    GO TO 50
12  QER(5)=(10*PRODES-QPRCA)*100./DCAO
    QE(5)=QCA1*100./DCAO
    QER(7)=13*PRODES*100./DMGK
50  DO 31 I=1,7
    TOTEC=TOTEC+QE(I)
31  TOTEX=TOTEX+QER(I)
    IF (IFLAG2.EQ.1) GO TO 81
    QMAXCA=TOTENG-TOTEX
    TPSC=TOTEC/QMAXCA
    IF (AMAX1(TPS,TPSC)/AMIN1(TPS,TPSC).LE.1.01) GO TO 699
    TPS=TPSC
401  TOTEC=0.0
    TOTEX=0.0
    QTCA=0.
    QTEA=0.
    QTCAN=0.
    QTEAN=0.
    DO 698 I=5,7
    QE(I)=0.
698  QER(I)=0.
    GO TO 600

```

```

699  IFLAG2=1
    NTPS=TPSC*1.
    TPS=NTPS
    GO TO 601
81  QMAXCA=TOTEC/TPS
    Q=(QMAXCA*TOTEX)/DENS
80  DO 32 I=1,7
    POURC(I)=(QE(I)/TOTEC)*100.
    PDTC(I)=(POURC(I)*QMAXCA)/100.
32  PDAC(I)=(PDTC(I)/DENS)*1000.
    DO 33 I=1,7
    IF (TOTEX.EQ.0.) GO TO 33
    POURE(I)=(QER(I)/TOTEX)*100.
33  PDSE(I)=(QER(I)/DENS)*1000.
    DO 34 I=1,7
    QTCA=QTCA+PDAC(I)
    QTEA=QTEA+POUSE(I)
    QTCAN=QTCAN+PDTC(I)
34  QTEAN=QTEAN+QER(I)
    QTAN=QDENS
    DO 35 I=1,7
    QT(I)=PDTC(I)+QER(I)
    POURCT(I)=(QT(I)/(QDENS))*100.
35  PDST(I)=(QT(I)/DENS)*1000.
700  WRITE(6,299) IL,DENS,E,D,PRODES,TOTENG,XN,PT,PA,RNP,XKI,CAI,XMGI,T,
    1PH
299  FORMAT(11//10X,'ETUDE DES BESOINS EN ENGR19S SITE',3X,I5////1X,
    1'DENSITE',3X,F5.0,1X,'ARBRES A L HA',3X,'EPAISSEUR DU SOL A CORRIG
    2ER',F4.1,M,3X,'DENSITE APPARENTE DU SOL',F6.0,'KGS/M3//1X,'PROD
    3UCTION ESCOMPTEE',3X,F4.2,1X,'T. A L HA',3X,'TOTAL MAXIMUM D ENGRA
    4IS A APPORTER',F7.0,'KGS/HA//1X,'ANALYSES DU SOL',//16X,
    5'AZOTE',F6.3,' PPM',3X,'P205 TOTAL',
    6F6.3,' PPM',3X,'P205.ASSIM.',F6.3,' PPM',3X,'N/P205',F4.2//16X,
    7'K',F6.3,' MEQ',3X,'CA',F5.2,' MEQ',3X,'MG',F5.2,' MEQ'//16X,
    8'T',F5.2,3X,'PH',F5.2)
    WRITE(6,310) (PHOS(I,IP),I=1,4), (POTA(I,IK),I=1,4), (COMP(I),I=1,2),
    1(CAM(I,IMG),I=1,4)
310  FORMAT(//16X,4A4,4X,'TRICALCIQUE',5X,4A4,3X,2A4,10X,'CHAUX',9X,
    14A4,2X,'KIESERITE'//)
    WRITE(6,300) (QE(I),I=1,7), (POURC(I),I=1,7),
    1(PDTC(I),I=1,7), (PDAC(I),I=1,7), QTCA, QTCAN, (QER(I),I=1,7),
    2(POURE(I),I=1,7), (PDSE(I),I=1,7), QTEA, QTEAN, (QT(I),I=1,7),
    3(POURCT(I),I=1,7), (PDST(I),I=1,7)
300  FORMAT(1X,'CORRECTION DU SOL'//9X,
    2'KG/HA',6X,F6.0,6(11X,F6.0)//9X,'%':10X,F6.0,6(11X,F6.0)//
    39X,'KG/HA/AN',3X,F6.0,6(11X,F6.0)//9X,'G/A./AN',4X,F6.0,6(11X,F6.0
    4)//20X,'TOTAL',F4.0,'G/ARBRE',5X,'SOIT',F6.0,'KG/HA'//
    51X,'EXPORTATIONS ANNUELLES'//9X,'KG/HA/AN',3X,F6.0,6(11X,F6.0)//
    69X,'%':10X,F6.0,6(11X,F6.0)//9X,'G/A./AN',4X,F6.0,6(11X,F6.0)//20X
    7,'TOTAL',F4.0,'G/ARBRE',5X,'SOIT',F6.0,'KG/HA'//
    81X,'TOTAL ANNUEL'//9X,'KG/HA/AN',3X,F6.0,6(11X,F6.0)//9X,'%':10X,
    9F6.0,6(11X,F6.0)//9X,'G/A./AN',4X,F6.0,6(11X,F6.0)//)
    Q=4*1000.
    WRITE(6,303) Q,QTAN
303  FORMAT(20X,'TOTAL',F4.0,'G/ARBRE',5X,'SOIT',F6.0,'KG/HA')
    WRITE(6,301) QP,QK,QCA,QMG
301  FORMAT(11//5X,'QUANTITES D OXYDES EN KG/HA A APPORTER POUR CORRE
    1CTION TOTALE',

```

```

1//5X,'P205',5X,'K20',6X,'CA0',6X,'MGO'//5X,F5.0,4X,F5.0,4X,F5.0,
24X,F5.0)
XNF=XN*(QE(4)*COMP/100.)/(D*E*10.*0.5)-(45.*PRODES*TPS)/(D*E*10.*
10.5)
PTF=PT*(QP*QE(4)*COMPP/100.+(QER(1)*DPP1/100.+QER(2)*DPP2/100.-13.
1*PHODES)*TPS)/(D*E*10.*0.5)
RNPF=XNF/PTF
WRITE(6,308)XNF,PTF,RNPF
308 FORMAT(/5X,'IN FINAL=',F5.3,4X,'PT FINAL=',F5.3,4X,'RAPPORT N/P205
1(TOTAL) EN FIN DE CORRECTION=',F8.2//5X,
1'SOUS ESTIME DU FAIT QUE NE SONT PAS PRIS EN COMPTE LES APPORTS D
2AZOTE PAR LES EAUX DE PLUIE ET PAR LA VIE DANS LE SOL')
WRITE(6,302)PIK,PICA,PIHG,SI,VI,XK1,CAI,XMG1
302 FORMAT(/5X,'EQUILIBRE INITIAL ',2X,'K',F8.2,'%',3X,'CA',F8.2,
1'X',3X,'MG',F8.2,'%',4X,'S=',F9.3,3X,'V=',F8.2//27X,F9.3,' MQ',1X,
2F9.3,' MQ',1X,F9.3,' MQ')
CA=CAI+CAP+(QER(6)*DCA*TPS/100.+QER(5)*DCAO*TPS/100.+(QPRCA-10.*P
1ODES)*TPS+QE(6)*DCA/100.+QE(5)*DCAO/100.)/(28.1*D*E*0.1*0.5)
S=XK+XMG+CA
PFK=100.*XK/S
PFCA=100.*CA/S
PFMG=100.*XMG/S
VF=S*100./T
IF(IFLAG1.EQ.1)GO TO 500
WRITE(6,306)PFK,PFCA,PFMG,S,VF,XK,CA,XMG
306 FORMAT(/5X,'EQUILIBRE FINAL TENANT COMPTE DE L EXCES EVENTUEL DE
1CAO APORTE PAR LES ENGRAIS NECESSAIRES AUX EXPORTATIONS'//26X,
2'K',F8.2,'%',3X,'CA',F8.2,
1'X',3X,'MG',F8.2,'%',4X,'S=',F9.3,3X,'V=',F8.2//27X,F9.3,' MQ',1X,
2F9.3,' MQ',1X,F9.3,' MQ')
WRITE(6,304)TPS
304 FORMAT(/5X,'TEMPS DE CORRECTION',F6.2,'ANS')
GO TO 1
500 WRITE(6,307)PFK,PFCA,PFMG,S,VF,XK,CA,XMG
307 FORMAT(/5X,'EQUILIBRE FINAL CORRIGE DES EXPORTATIONS NON COMPENSE
1ES'//25X,'K',F8.2,'%', ' CA',F8.2,'%', ' MG',F8.2,'%', ' S',F10.3
2,' V',F9.3//25X,F9.3,' MQ',1X,F9.3,' MQ',1X,F9.3,' MQ')
WRITE(6,305)TPS
305 FORMAT(/5X,'TEMPS DE CORRECTION TOTALE DU SOL INDETERMINE',3X,
1F6.2,'ANS'//5X,'POUR ATTEINDRE L EQUILIBRE PRECEDANT TENANT COMPTE
2 DU DU DES ELEMENTS EXPORTES NON COMPENSES'//5X,'ET DE L EXCES EVE
3NTUEL DE CAO APORTE PAR LES ENGRAIS NECESSAIRES AUX EXPORTATIONS'
4)
GO TO 1
15 STOP
END

```


Etude des besoins en engrais - Site 840

| STUPE 250 RESERVE EN ENGRAIS SITE 840 | | | | | | | |
|---|-------|-------|---------------|-----|-------|--------------|-------|
| DENSITE 1000 100000 A L HA FRAISSEUR DU SOL 1 CORRIEOR 0 L/M DENSITE APPARENTE DU SOL 1300 KG/M3 | | | | | | | |
| PRODUCTION ESTIMEE 0,70 T A L HA TOTAL MAXIMUM D ENGRAIS A APPORTER 100,000/HA | | | | | | | |
| ANALYSES DU SOL | | | | | | | |
| DATE 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100 | | | | | | | |
| N 0,15% P 0,12% K 0,10% | | | | | | | |
| Ca 0,50 Mg 0,40 | | | | | | | |
| CORRECTION DU SOL | | | | | | | |
| kg/ha | total | stone | chlorure de K | g/l | chaux | chaux magnés | gisés |
| 1000 | 0 | 227 | 0 | 0 | 0 | 0 | 137 |
| 2000 | 0 | 114 | 0 | 0 | 0 | 0 | 69 |
| 3000 | 0 | 76 | 0 | 0 | 0 | 0 | 46 |
| 4000 | 0 | 51 | 0 | 0 | 0 | 0 | 34 |
| 5000 | 0 | 38 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 |
| 6000 | 0 | 29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 |
| 7000 | 0 | 22 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 |
| 8000 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 |
| 9000 | 0 | 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 |
| 10000 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 | 6 |
| 11000 | 0 | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 12000 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 13000 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 14000 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| 15000 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 16000 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 17000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 18000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 19000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 20000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 21000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 22000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 23000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 24000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 25000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 26000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 27000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 28000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 29000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 30000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 31000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 32000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 33000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 34000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 35000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 36000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 37000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 38000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 39000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 40000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 41000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 42000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 43000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 44000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 45000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 46000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 47000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 48000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 49000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 50000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 51000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 52000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 53000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 54000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 55000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 56000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 57000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 58000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 59000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 60000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 61000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 62000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 63000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 64000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 65000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 66000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 67000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 68000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 69000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 70000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 71000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 72000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 73000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 74000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 75000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 76000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 77000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 78000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 79000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 80000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 81000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 82000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 83000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 84000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 85000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 86000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 87000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 88000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 89000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 90000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 91000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 92000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 93000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 94000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 95000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 96000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 97000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 98000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 99000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 100000 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |

Etude des besoins en engrais - Site 796

| ETUDE DES BESOINS EN ENGRAIS - SITE 796 | | | | | | | |
|---|-----------|-------------|--------------|-------|-------|---------|---------|
| DENSITE' 1505 - ADRES A L'HA - EPaisseur DU SOL A CORRIGER 2.10 - DENSITE' APPARENTE DU SOL 1505 KG/M3 | | | | | | | |
| PRODUCTION ECONOMIQUE 2500 KG/HA - TOTAL MAXIMUM D'ENGRAIS A APPORTER 500 KG/HA | | | | | | | |
| ANALYSE DU SOL | | | | | | | |
| STATE 1 200 PPM - 2205 TOTAL 0.60 - 20M - 2005 4.83M - 11.4 PPM - N/200000.10 | | | | | | | |
| K=0.208 - N=0.177 - P=0.112 - M=0.112 - M=0.112 | | | | | | | |
| Total 200 PPM - 2205 | | | | | | | |
| | PHOSPHORE | TOTAL CROUE | SURFACE DE X | NO | CHAU | SOUSOIE | KIBOITE |
| CORRECTION DU SOL | | | | | | | |
| KG/HA | 5 | 500 | 150 | 0 | 100 | 200 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KG/HA/AN | 0 | 100 | 50 | 0 | 10 | 20 | 0 |
| 0/HA/AN | 0 | 100 | 50 | 0 | 10 | 20 | 0 |
| TOTAL 1000 KG/ANNEE - 5000 - 200 KG/HA | | | | | | | |
| CORRECTIONS ANNUELLES | | | | | | | |
| KG/HA/AN | 0 | 20 | 40 | 0 | 0 | 40 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KG/HA/AN | 0 | 10 | 20 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| 0/HA/AN | 0 | 10 | 20 | 0 | 0 | 20 | 0 |
| TOTAL 1000 KG/ANNEE - 5000 - 200 KG/HA | | | | | | | |
| TOTAL ANNUEL | | | | | | | |
| KG/HA/AN | 0 | 100 | 100 | 0 | 10 | 100 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| KG/HA/AN | 0 | 100 | 100 | 0 | 10 | 100 | 0 |
| 0/HA/AN | 0 | 100 | 100 | 0 | 10 | 100 | 0 |
| TOTAL 1000 KG/ANNEE - 5000 - 200 KG/HA | | | | | | | |
| QUANTITES D'EXCES EN KG/HA A APPORTER POUR CORRECTION TOTALE | | | | | | | |
| N/200 | 0.20 | 0.40 | 0.80 | | | | |
| P/100 | 0.10 | 0.20 | 0.40 | | | | |
| N FINAL 1.34 - P FINAL 1.04 - RAPPORT N/P/DAS TOTAL EN FIN DE CORRECTION 1.35 | | | | | | | |
| CEUX ESTIME DU FAIT QUE NE SONT PAS PRIS EN COMPTE LES APORTE D'AZOTE PAR LES EAUX DE PLUIE ET PAR LA VIE DANS LE SOL | | | | | | | |
| COULISSE INITIAL | X | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| | | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 | 0.100 |
| EQUILIBRE FINAL TENANT COMPTE DE L'EXCES EVENTUEL DE CAC APORTE PAR LES ENGRAIS NECESSAIRES AUX EXPORTATIONS | | | | | | | |
| X | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| REMARQUE DE CORRECTION 3000 ANS | | | | | | | |

LOTODÉ (R.), JADIN (P.). — Calcul des besoins en engrais des cacaoyers. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXV, n° 1, janv.-mars 1981, p. 3-24, tabl., réf., annexes.

A la suite des résultats positifs obtenus par la méthode du « diagnostic sol », les auteurs ont établi sur ordinateur un programme (Fortran) de calcul des besoins en engrais du cacaoyer s'adaptant à toutes les conditions pédologiques et agronomiques du milieu et susceptible d'être modifié par de nouveaux résultats.

Le lecteur trouvera ici la mise au point d'un organigramme montrant les cheminements suivis, selon les cas rencontrés, pour obtenir les quantités d'engrais à apporter pour corriger les équilibres chimiques du sol et compenser les exportations en minéraux dues à la récolte.

Les calculs à effectuer pour déterminer les doses d'engrais à apporter et choisir ceux-ci sont présentés. Si un affinement des critères retenus aujourd'hui intervenait, à la suite de nouvelles expérimentations, ceci n'aurait pas d'incidence sur le déroulement du programme.

LOTODÉ (R.), JADIN (P.). — Berechnung der Düngerbedürfnisse der Kakaobäume. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXV, n° 1, janv.-mars 1981, p. 3-24, tabl., réf., annexes.

Nach den durch die Methode der Bodendiagnose erzielten positiven Resultate stellten die Autoren auf Computer ein Rechenprogramm (Fortran) der Düngerbedürfnisse des Kakaobaums auf, das sich allen pedologischen und agronomischen Umweltsbedingungen anpasst und bei neuen Resultaten veränderungsfähig ist.

Anliegend wird die Fertigstellung eines Organigramms gezeigt das den befolgten Weg darlegt um je nach dem gefunden Fall die nötigen Düngermengen zur Korrektur des chemischen Gleichgewichts des Bodens und zum Ausgleich des Nährstoffentzugs durch die Ernte zu erhalten.

Die Berechnung der Bestimmung der notwendigen Düngierzufuhr und ihrer Auswahl wird dargelegt. Falls eine Bereinigung der berücksichtigten Unterscheidungszeichen aufgrund neuer Versuche heute eingeführt werden sollten hätte dies keine Auswirkung auf die Abwicklung des Programms.

LOTODÉ (R.), JADIN (P.). — Calculation of the fertilizer needs of cocoa trees. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXV, n° 1, janv.-mars 1981, p. 3-24, tabl., réf., annexes.

Following the good results obtained by the soil diagnostic method, the authors developed a computer program (Fortran) to calculate the fertilizer needs of the cocoa tree, suiting all the soil and agronomic conditions of the environment and likely to be modified by new results.

The reader will find a flow chart showing the routes followed, depending on the cases encountered, to obtain the quantities of fertilizer to be added to correct chemical imbalances in the soil and compensate for the mineral exports due to harvesting.

The calculations to be carried out to determine the fertilizer application rates and the choice of these is shown. If the criteria chosen today have to be adjusted following new experimentation, this will not have any incidence on the course of the programme.

LOTODÉ (R.), JADIN (P.). — Cálculo de las necesidades en fertilizantes de los árboles del cacao. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXV, n° 1, janv.-mars 1981, p. 3-24, tabl., réf., annexes.

Con motivo de los resultados positivos obtenidos por el método del diagnóstico del suelo, los autores han establecido mediante computadoras un programa (Fortran) de cálculo de las necesidades en cuanto a fertilizantes del árbol del cacao, que se adapta a todas las condiciones edafológicas y agronómicas del medio y susceptible de modificación por la introducción de nuevos resultados.

El lector encontrará en este artículo la puesta a punto de un organigrama que muestra los caminos seguidos, según los casos encontrados, para obtener las cantidades de fertilizantes aplicables para corregir los equilibrios químicos del suelo y compensar las exportaciones en minerales debidas a la cosecha.

También se presentan los cálculos que se han de efectuar para determinar las dosis de fertilizantes aplicables y la selección de los mismos. Si una mayor precisión de los criterios escogidos hoy tuviese que ser introducida en este programa con motivo de nuevas experimentaciones, ello no tendrá ninguna incidencia respecto al desarrollo del programa.