

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE
(I. N. É. A. C.)

L'ALIMENTATION MINÉRALE
DU CACAOYER
(Theobroma Cacao L.)

ÉTUDE PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

MARCEL V. HOMÈS

Professeur à l'Université Libre de Bruxelles (U.L.B.),
Membre du Comité de Direction de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 58
1953

PRIX : 125 FR.

INSTITUT NATIONAL POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU OONGO BELGE
I. N. É. A. G.

(A. R. du 22-12-33 et du 21-12-39).

L'INEAG, créé pour promouvoir le développement scientifique de l'agriculture au Congo belge, exerce les attributions suivantes :

1. Administration de Stations de recherches dont la gestion lui est confiée par le Ministère des Colonies.
2. Organisation de missions d'études agronomiques et formation d'experts et de spécialistes.
3. Etudes, recherches, expérimentation et, en général, tous travaux quelconques se rapportant à son objet.

Administration :

A. COMMISSION.

Président :

M. GODDING, R., ancien Ministre des Colonies.

Vice-Président :

M. JURION, F., Directeur Général de l'I. N. E. A. C.

Secrétaire :

M. LEBRUN, J., Secrétaire Général de l'I. N. E. A. C.

Membres :

- MM. BOUILLENNE, R.**, Membre de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;
- BRIEN, P.**, Membre de l'Institut Royal Colonial Belge;
- DEBAUCHE, H.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain;
- DE WILDE, L.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gand;
- DUBOIS, A.**, Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold », à Anvers;
- DUMON, A.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain;
- GEURDEN, L.**, Professeur à l'Ecole de Médecine Vétérinaire de l'Etat, à Gand;
- GILLIEAUX, P.**, Membre du Comité Cotonnier Congolais;
- GUILLAUME, A.**, Secrétaire Général du Comité Spécial du Katanga;
- HARROY, J.-P.**, Secrétaire Général de l'Institut pour la Recherche Scientifique en Afrique Centrale;
- HELBIG DE BALZAC, L.**, Président du Comité National du Kivu;
- HENRARD, J.**, Directeur du Service de l'Agriculture, des Forêts, de l'Élevage et de la Colonisation, au Ministère des Colonies;
- HOMES, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;
- LAUDE, N.**, Directeur de l'Institut Universitaire des Territoires d'Outre-Mer, à Anvers;
- MAYNÉ, R.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux;
- OPSOMER, J.**, Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain;
- PEETERS, G.**, Professeur à l'Université de Gand;
- PONCELET, L.**, Météorologiste à l'Institut Royal Météorologique, à Uccle;
- ROBYNS, W.**, Membre de l'Académie Royale Flamande des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;
- SCHOENAERS, F.**, Professeur à l'Ecole de Médecine Vétérinaire de l'Etat, à Cureghem;
- SIMONART, P.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université Catholique de Louvain;
- STANER, P.**, Inspecteur Royal des Colonies;
- STOFFELS, E.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Etat, à Gembloux;
- TULIPPE, O.**, Professeur à l'Université de Liège;
- VAN DE PUTTE, M.**, Membre du Conseil Colonial;
- VAN STRAELEN, V.**, Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge;
- WILLEMS, J.**, Administrateur-Directeur du Fonds National de la Recherche Scientifique.

PUBLICATIONS DE L'INSTITUT NATIONAL
POUR L'ÉTUDE AGRONOMIQUE DU CONGO BELGE
(I. N. É. A. C.)

L'ALIMENTATION MINÉRALE

DU CACAOYER

(*Theobroma Cacao L.*)

ÉTUDE PUBLIÉE SOUS LA DIRECTION

DE

MARCEL V. HOMÈS

Professeur à l'Université Libre de Bruxelles (U.L.B.),
Membre du Comité de Direction de l'I.N.É.A.C.

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 58
1953

PRIX : 125 FR.

DIVISIONS DU MÉMOIRE

PREMIÈRE PARTIE.

	Pages.
Principes d'expérimentation en matière d'alimentation minérale des végétaux. M. V. HOMÈS (U.L.B.)	9

DEUXIÈME PARTIE.

Croissance et développement du Cacaoyer en fonction du milieu nutritif. M. V. HOMÈS (U.L.B.); A. MOLLE (I.N.É.A.C.); A. RINGOET (I.N.É.A.C.); G. VAN SCHOOR (U.L.B.)	17
--	----

TROISIÈME PARTIE.

Composition minérale du Cacaoyer en fonction du milieu nutritif. M. V. HOMÈS et G. VAN SCHOOR (U.L.B.)	69
---	----

QUATRIÈME PARTIE.

Considérations générales et conclusions. M. V. HOMÈS (U.L.B.)	114
--	-----

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
AVANT-PROPOS	7
PREMIÈRE PARTIE. — PRINCIPES D'EXPÉRIMENTATION EN MATIÈRE D'ALI- MENTATION MINÉRALE DES VÉGÉTAUX	9
Principes théoriques	10
Principes méthodologiques	14
DEUXIÈME PARTIE. — CROISSANCE ET DÉVELOPPEMENT DU CACAOYER EN FONCTION DU MILIEU NUTRITIF	17
I. — <i>Plan de l'expérience</i>	17
A. — Les formules nutritives	17
Constantes de l'expérience	17
Variables de l'expérience.	18
B. — Conditions générales de l'expérience	21
II. — <i>Étude phénologique de l'expérience</i>	24
A. — Étude de la croissance en hauteur	24
B. — Étude du développement des racines	31
C. — Étude des indices de santé	35
III. — <i>Étude des rendements pondéraux</i>	36
A. — Coup d'œil général sur les tableaux de rendements	40
B. — Comparaison par couples de traitements	40
C. — Analyse des effets observés	52
D. — Effet du rapport N-P-K	54
E. — Effet des équilibres anioniques et cationiques	57
F. — Représentation graphique des résultats obtenus	57
G. — Comparaison des effets des traitements sur la croissance et le rendement.	60
IV. — <i>Synthèse des résultats divers concernant l'effet de chaque trai- tement</i>	65

	Pages.
TROISIÈME PARTIE. — COMPOSITION MINÉRALE DU CACAOYER EN FONCTION DU MILIEU NUTRITIF	69
I. — <i>Exposé des données analytiques</i>	69
II. — <i>Interprétation des données analytiques</i>	80
A. — Remarque générale	80
B. — Proportions relatives des différents éléments chimiques dans la plante	82
C. — Étude de la variabilité	84
D. — Discussion des données en fonction de la composition du milieu nutritif	86
1. Teneurs proprement dites	87
a) Teneurs en anions	87
b) Teneurs en cations	90
c) Teneurs en cendres	92
2. Proportions relatives des éléments dans la matière végétale	93
a) Proportions relatives des anions	93
b) Proportions relatives des cations	93
E. — Discussion des données en fonction de la qualité du milieu nutritif	96
1. Critères de la qualité des traitements	96
2. Teneurs dans les plantes	97
a) Teneurs en anions	97
b) Teneurs en cations	99
3. Rapports numériques divers	100
a) Rapports cationiques	100
b) Rapports anioniques	101
c) Rapport du total des anions au total des cations	102
d) Remarques concernant l'hydratation des tissus .	102
F. — Normes de composition du Cacaoyer	102
G. — Considérations concernant les traitements O et P K	104
H. — Étude de l'utilisation effective des aliments minéraux fournis aux plantes	107
III. — <i>Considérations sur le diagnostic chimique</i>	110
A. — Prélèvement de l'échantillon	111
B. — Interprétation des analyses	111
1. Valeur du rapport K/Mg	111
2. Valeur du rapport $K/(Ca + Mg)$	112
3. Valeur du rapport Ca/Mg	112
4. Valeur du rapport K/Mg	112

	Pages.
QUATRIÈME PARTIE. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS	114
I. — <i>Les résultats de cette étude et l'établissement de formules d'engrais</i> ...	114
A. — Limitation des domaines étudiés	114
B. — La détermination de l'exigence alimentaire du Cacaoyer ..	115
1. Détermination basée sur la comparaison empirique ...	115
2. Détermination basée sur la conception des équilibres ioniques	116
3. Confrontation des deux types d'interprétation	121
C. — La fumure minérale du Cacaoyer	122
II. — <i>Conclusions</i>	124
A. — Conclusions de caractère théorique	124
a) Étude du développement de la plante au cours d'une expérience ou à l'examen d'une plantation	124
b) Effets physiologiques	125
c) Constitution chimique élémentaire de la plante	125
d) Besoins alimentaires du Cacaoyer	126
B. — Conclusions de caractère pratique	127

L'ALIMENTATION MINÉRALE DU CACAOYER (*Theobroma Cacao L.*)

AVANT-PROPOS.

Une étude comme celle qui est présentée ici est nécessairement le fruit du travail de plusieurs collaborateurs. De la conception de l'expérience à la possibilité de tirer des conclusions, diverses étapes s'échelonnent qui demandent, de ceux qui y participent, une complète conscience de la responsabilité que leur rôle implique dans l'attribution d'une certaine validité aux conclusions d'ensemble.

Je tiens à remercier MM. A. RINGOET et A. MOLLE de la façon dont, en particulier, ils ont assuré à Yangambi l'exécution d'une expérimentation complexe en conformité avec le plan établi, du soin avec lequel ils ont réalisé les observations nécessaires et assuré les premiers dépouillements des données expérimentales, enfin du souci qu'ils ont montré, dans les discussions communes, d'apporter tout leur concours à la compréhension et à l'avancement du problème étudié.

Je tiens, d'autre part, à remercier M^{lle} G. VAN SCHOOR pour sa collaboration de tous les instants à l'étude synthétique des résultats et pour la part spécialement importante qu'elle a prise à l'étude des données analytiques. Par sa participation à tous les travaux de même nature que je conduis aux laboratoires de l'Université de Bruxelles, son concours m'était particulièrement précieux pour l'intégration de la présente étude dans le cadre général de nos travaux sur l'alimentation minérale des végétaux.

En dehors de ces collaborateurs directs, je ne saurais omettre de souligner la valeur de la contribution apportée par les chimistes qui ont assuré l'exécution des analyses avec le soin et le dévouement les plus constants, MM. A. GILS, R. PROPHÈTE et N. MOUMM, ainsi que le rôle ingrat et pourtant indispensable à toute possibilité d'interprétation qui réside dans le dépouillement des données numériques et dans l'exécution des innombrables calculs, rôle dont une part essentielle fut assumée par M^{me} D. WOLFF.

Je dois enfin signaler que l'étude en question n'a pu être menée à bonne fin que par le concours de plusieurs institutions. C'est en premier lieu l'I.N.É.A.C., à qui je suis redevable de l'opportunité qui m'a été donnée d'appliquer à une expérimentation importante les principes auxquels des recherches antérieures m'avaient conduit. C'est ensuite l'Université de Bruxelles, où sont conduites les recherches de base et les analyses, ce qui a rendu possible l'utilisation dans les meilleures conditions des travaux de caractère chimique. C'est enfin l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture. Celui-ci, en subventionnant le Centre d'Études et de Recherches sur l'Aquiculture annexé à l'Institut botanique de l'Université, a permis de donner à l'ensemble de nos travaux les moyens matériels nécessaires à plusieurs phases de la présente étude.

MARCEL V. HOMÈS.

Yangambi et Bruxelles, janvier 1953.

PREMIÈRE PARTIE

Principes d'expérimentation en matière d'alimentation minérale des végétaux

PAR

MARCEL V. HOMÈS (U.L.B.).

En inscrivant à son programme des recherches sur l'alimentation minérale, l'I.N.É.A.C. vise un objectif primordial : établir des relations entre le rendement d'une culture et la formule d'engrais appliquée. A l'échelle de l'expérimentation physiologique, ceci se ramène à établir ces mêmes relations entre le développement de la plante après un temps limité et les formules alimentaires offertes *en conditions contrôlées*. On tente ainsi de fonder, sur une base physiologique, le choix des engrais à appliquer en pratique agricole.

Mais, ce faisant, l'expérimentateur réunit en cours de travail diverses observations, moins directement en rapport avec ce but primordial que des mesures de rendement, et certaines de ces observations peuvent, dans la suite, orienter utilement la conduite de recherches nouvelles ou les essais d'application. Tel est notamment le cas des mensurations qui tendent à donner une idée du développement pondéral atteint par une plante sans qu'il soit nécessaire de la peser effectivement, ce qui en évite le sacrifice. Nous réunirons dans cette publication toutes les données qui nous paraissent présenter un tel intérêt.

Enfin, une telle expérimentation peut apporter des éléments de connaissance au problème théorique de la nutrition minérale des plantes. En dépit de son caractère moins immédiatement applicable, cet aspect de l'étude est essentiel car il permettra peut-être un jour de modifier le caractère encore beaucoup trop empirique des essais de fumure. Cette tendance théorique de la recherche est, dans le cas

présent, atteinte dès le départ par le fait que toute l'expérimentation a été conçue en vue de soumettre à l'épreuve des faits directs une conception d'ensemble qui était née de nos travaux antérieurs. Ces principes ont été exposés à l'occasion de la publication des premiers résultats de recherches sur l'alimentation du Palmier à huile, où ils étaient appliqués pour la première fois ⁽¹⁾. Ils ont, depuis, été précisés dans diverses publications ⁽²⁾ et notamment dans un ouvrage d'ensemble ⁽³⁾.

Nous n'en répéterons ici que l'essentiel, quelque peu précisé par rapport au travail relatif au Palmier à huile. Rappelons que ces principes présentent un caractère théorique, en partie encore hypothétique, et pour lequel la responsabilité du signataire de cette introduction est seule engagée. Ils conduisent à des conséquences méthodologiques qui sont à la base du plan d'expérience. L'application de ce plan ne compromet pas l'atteinte du but primordial pratique, même si l'aspect théorique de la conception ne rencontre pas l'accord des spécialistes. Nous pensons, qu'en tout état de cause, l'aspect méthodique de la conception est utile et qu'il offre plus de chances de conduire à des résultats concrets que la conception classique en la matière, cela sans présenter le risque de laisser inapparents des faits essentiels, risque qui nous semble inhérent aux méthodes souvent adoptées dans les essais relatifs à l'alimentation minérale ou aux problèmes pratiques de fumure.

Nous rappelons donc succinctement les principes admis dans la présente recherche.

PRINCIPES THÉORIQUES.

D'une façon que l'on peut appeler classique, le domaine physiologique de la nutrition minérale a, au cours du temps, mis en évidence deux principes essentiels sur lesquels reposent, en fait, toutes les discussions particulières. Ce sont :

1. Le rôle spécifique des éléments chimiques.
2. L'interaction des divers éléments chimiques en présence.

⁽¹⁾ M. HOMÈS, L'alimentation minérale du Palmier à huile. I.N.É.A.C., Série scientifique, n° 39, 1949.

⁽²⁾ M. HOMÈS, L'alimentation minérale des végétaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* Note 1, t. 83 : 55-76, 1950. Note 2, t. 84 : 101-122, 1951. Note 3, t. 85 : 115, 1952. Note 4 (en collaboration avec G. VAN SCHOOR), t. 85 : 135, 1952.

⁽³⁾ M. HOMÈS, L'alimentation minérale des plantes et le problème des engrais chimiques. THONE (Liège) et MASSON (Paris), 1953.

Ce sont principalement les travaux du siècle dernier qui ont conduit à rechercher le rôle des éléments nutritifs. On sait qu'une distinction a été établie entre le rôle constructif (participation directe à la constitution des molécules essentielles) et des effets beaucoup moins clairs, très variés, parfois groupés sous le vocable regrettable de « rôle catalyseur ». C'est en grande partie l'imprécision de cette dernière notion qui réduit considérablement l'intérêt de la définition pure et simple de rôle spécifique. En outre, cette conception, pour être rigoureuse, est incompatible avec celle des interactions. En effet, c'est presque un corollaire de la première conception qui se présente sous l'aspect de la « loi du minimum », dont on sait que les conséquences rigoureuses ne peuvent être maintenues. C'est, au contraire, la notion de l'influence mutuelle de tous les éléments nutritifs qui a conduit à amender la « loi du minimum », trop rigide. Elle trouve notamment son expression dans la loi de MITSCHERLICH, en réel progrès sur la première.

L'étude des interactions a influencé la conduite de nombreuses recherches. A côté d'interactions diverses entre deux éléments (par exemple l'effet du rapport K : Ca sur la physiologie de la plante), une importance particulière a progressivement été reconnue et admise, en matière de fumure, à l'interaction ternaire exprimée par le rapport N : P : K (expression simple remplaçant celle, plus complète, de N : P₂O₅ : K₂O).

En dépit du progrès constitué par l'admission tacite ou explicite du principe des interactions, les recherches qui se basent sur cette notion conservent tout leur caractère empirique et ne présentent guère de caractère explicatif.

La conception d'ensemble que nous avons déjà exposée repose sur l'admission de principes d'ordres très divers donnant à l'ensemble un caractère explicatif. Certains corollaires particuliers de la conception d'ensemble peuvent être soumis à l'épreuve de l'expérience et leur confirmation ou leur infirmation éventuelle dans des cas particuliers finira par étayer ou faire rejeter la conception d'ensemble. Nous estimons qu'à l'heure actuelle il existe assez de vraisemblance théorique, assez de confirmations particulières et de conséquences transférables à l'application pour attribuer, au moins à cette conception, le caractère d'utile hypothèse de travail et c'est là tout ce qu'on peut demander, en un moment de l'histoire, à ce qu'on appelle une vérité scientifique.

Voici donc les principes admis :

1. Appliquant, en matière d'alimentation minérale, l'idée de JACQUES LOEB exprimée par la formule « the organism as a whole », nous admettons que, dans ses grandes lignes, le phénomène d'alimen-

tation est régi par les mêmes principes que ceux qui déterminent le comportement d'une cellule immergée dans une solution minérale complexe.

2. Nous distinguons, dans l'action directe des éléments chimiques en solution (par conséquent sous la forme d'ions), les *effets chimiques* qui sont, avec quelques modifications, l'équivalent du rôle constructif et les *effets physiques* qui sont l'expression du rôle improprement appelé catalyseur que nous rattachons aux phénomènes de toxicité en général, dans leur effet sur l'état physico-chimique du protoplasme.

3. Nous admettons que les effets chimiques essentiels (ceux qui ont réellement le caractère constructif) sont, avant tout, le fait d'éléments se présentant en solution, principalement ou uniquement, sous forme d'anions : l'azote (N O_3), le soufre (S O_4), le phosphore (P O_4) en sont les principaux représentants (expression simplifiée : éléments « anioniques »). Des effets de même type, non détaillés dans cette esquisse sommaire, peuvent être exercés par tous les éléments, même électropositifs, mais alors avec beaucoup moins d'importance quantitative.

4. Nous admettons que les effets physiques essentiels (mais non pas nécessairement tous) sont le fait, principalement, des éléments présentant en solution le caractère de cations (« bases » des agronomes) et dont les principaux sont, parmi les éléments dits majeurs, K, Ca et Mg ainsi que de nombreux éléments mineurs ou oligodynamiques (expression simplifiée : éléments « cationiques »). Il reste possible que les éléments « anioniques » exercent de tels effets également, mais avec beaucoup moins d'importance quantitative.

5. Nous admettons que le mécanisme des effets physiques réside essentiellement dans les propriétés que les ions donnent aux colloïdes cytoplasmiques et tout particulièrement à la lyophilie et au degré de dispersion de ces colloïdes. Ces effets se traduisent par la modification des propriétés physiologiques cellulaires essentielles : la perméabilité, la conductivité, la réactivité aux excitations, etc.

6. Nous admettons que l'état normal de ces colloïdes et, par conséquent, l'état normal de la cellule, est le résultat de la présence simultanée dans ces colloïdes de proportions convenables entre les cations présents. Celles-ci subiraient des modifications consécutives aux modifications des proportions de ces mêmes corps dans le milieu extérieur et ces changements, qui se traduisent par l'altération des propriétés physiologiques, seraient la résultante des actions anta-

gonistes étudiées par de nombreux auteurs et à l'étude desquelles nous avons apporté diverses contributions personnelles (1).

7. Transférant, en vertu du premier principe, ces conceptions au cas d'une plante entière, nous admettons que les proportions des cations dans le milieu nutritif sont plus spécialement responsables de l'état de santé de la plante, sans que cela puisse exclure l'intervention d'autres éléments ou d'autres actions des cations. Nous supposons que les effets ultimes du métabolisme, c'est-à-dire les synthèses et la croissance, sont, en dernière analyse, influencés par cet état de santé, terme qui est donc l'expression grossière et provisoire d'un état physico-chimique incomplètement connu.

Ces effets derniers du métabolisme seraient, d'autre part, directement déterminés par les proportions existant dans le milieu extérieur entre les éléments principalement constructifs (ceux du groupe des anions), sans que cela puisse exclure que ces mêmes proportions soient, dans une certaine mesure, responsables d'actions antagonistes au même titre que les cations. L'effet des proportions des « anions » ou « aliments constructeurs » est essentiellement une résultante de la loi des masses et celle des proportions définies.

8. Synthétisant ces principes de façon générale, nous considérons que le *comportement global* de la plante, tel qu'il est couramment exprimé comme le résultat d'un traitement expérimental (ou comme l'effet du milieu), est le fait :

a) des proportions relatives des anions (par leur action directe sur les effets positifs ou métaboliques);

b) des proportions relatives des cations (par leur action essentielle dans les manifestations de toxicité et d'antagonisme);

c) par les proportions relatives de la somme des uns à la somme des autres (comme expression, notamment, de l'influence de l'état interne de la plante sur les possibilités finales des actions métaboliques).

9. Dans un travail récent (2), nous avons, en collaboration avec M^{lle} G. VAN SCHOOR, donné à cette conception une expression mathématique reposant sur la sommation des effets métaboliques (d'ordre essentiellement chimique) et toxiques (d'ordre essentiellement physico-chimique).

(1) M. HOMÈS, Toxicité, antagonisme et perméabilité. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.*, t. 79 : 9-26, 1947 (voir dans cette note les références bibliographiques).

(2) M. HOMÈS et G. VAN SCHOOR, L'alimentation minérale des végétaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* Note 4, t. 85 : 135, novembre 1952.

PRINCIPES MÉTHODOLOGIQUES.

L'admission provisoire des hypothèses émises et le désir d'en soumettre les conséquences à l'épreuve de l'expérience conduisent à établir celle-ci sur un plan particulier qui comporte d'ailleurs des principes utiles, indépendamment de la validité des hypothèses. C'est notamment le cas du principe n° 1.

1° Le comportement global de la plante (y compris la simple question du rendement) doit être étudié en connaissance des proportions de tous les éléments possibles et non de deux ou trois.

2° Dans tous les traitements soumis à comparaison, il sera appliqué aux plantes une même somme d'équivalents chimiques (somme de tous les éléments étudiés).

3° La variable contrôlée par l'expérimentateur réside essentiellement dans les proportions existant entre les divers équivalents dont la somme est ainsi maintenue constante.

4° Cette variable portera sur les équivalents électropositifs (les cations), d'une part, sur les équivalents électronégatifs (les anions), d'autre part, enfin sur le rapport entre ces deux sommes (rapport A/C ou anions/cations).

5° L'azote est, pour des raisons physiologiques, rangé, provisoirement au moins, parmi les substances électronégatives. On l'appliquera donc essentiellement sous forme nitrique. Si l'expérience exige qu'il soit appliqué partiellement sous forme ammoniacale, il y aura lieu de se préoccuper de la conséquence sur le pH du milieu ainsi créé et du rôle « cationique » de l'ammonium. On peut conventionnellement faire entrer tout l'azote fourni (même la fraction ammoniacale) dans la somme des constituants électronégatifs, mais cette somme n'a plus alors un sens chimique et il est nécessaire d'être tout à fait explicite à cet égard. Des études spéciales permettront de voir si l'azote ammoniacal peut, ou non, entrer dans la fraction dont il relève physiquement, c'est-à-dire la fraction cationique, ou s'il doit, en même temps ou exclusivement, être considéré pour son rôle physiologique et, à ce titre, être rangé définitivement parmi les constituants « anioniques ». Dans toutes les expériences où l'on est libre du choix des corps utilisés on appliquera donc uniquement de l'azote nitrique dans la première phase de l'expérimentation.

6° Les doses à appliquer aux divers traitements étant égales sur la base des équivalents chimiques, ne peuvent l'être sur la base pondérale simple. Il faut se pénétrer de l'idée que non seulement cela ne constitue pas une faiblesse mais un progrès expérimental.

7° Les éléments à prendre en considération sont, au minimum, N, S, P, K, Ca, Mg et, si possible, Cl et Na. Les oligodynamiques seraient, en première approximation, à ajouter partout de façon égale et, si la recherche porte également sur eux, il semble indiqué de faire varier, d'une part, les éléments majeurs entre eux suivant les modalités ci-dessus et, d'autre part, les oligodynamiques entre eux, suivant des modalités identiques. La recherche de proportions directes entre tous les éléments, tant majeurs que mineurs, n'est pas à conseiller en raison de la différence d'ordre de grandeur des concentrations utiles.

Depuis la mise en route de cette expérience de l'I.N.É.A.C. sur le Cacaoyer, la progression des études d'ensemble que nous dirigeons à Bruxelles a permis de confirmer tout au moins les lignes générales des hypothèses et plusieurs de leurs conséquences. Ces études ont, en outre, conduit à préciser davantage la conception théorique ainsi esquissée; il en résulte la possibilité de fixer les bases de l'expérimentation de façon beaucoup plus simple.

Bien que la présente expérimentation n'ait pas pu bénéficier, dans sa conception, de ces progrès trop récents, nous reprendrons, dans la quatrième partie, l'examen de la façon dont elle peut être envisagée à la lumière de ces dernières acquisitions.

L'aspect le plus récent de ces acquisitions et de leurs conséquences est exposé dans l'ouvrage d'ensemble signalé page 10.

Le domaine de la nutrition minérale des plantes, plus encore que de nombreux autres aspects de l'étude des végétaux, souffre d'un manque de directives générales permettant de se faire du phénomène une idée d'ensemble à caractère synthétique. Si l'on possédait une telle vue d'ensemble, les recherches, aussi bien pratiques que théoriques, pourraient être basées sur des directives raisonnables et, dans certains cas, on éviterait de devoir répéter presque à l'infini les essais empiriques qui n'apportent pas de contribution à la connaissance synthétique du phénomène étudié.

D'une façon générale, en effet, les essais pratiques sur l'alimentation des plantes consistent en l'application d'un certain nombre de formules nutritives dont la meilleure est recherchée de façon purement empirique. Au premier abord, l'étude que nous avons présentée sur le Palmier à huile et celle-ci présentent ce même caractère.

Cela est dû au fait que nous n'avons pas voulu écarter, à priori, l'éventualité de l'inexactitude de nos hypothèses de base et que, dans cette éventualité, les résultats étaient encore, sur le plan empirique, utilisables au cas intéressant particulièrement l'I.N.É.A.C. : les exigences alimentaires du Cacaoyer. Mais le plan comporte, en

même temps, la possibilité d'utiliser les mêmes données à la vérification de nos principes et, en raisonnant suivant les lignes qui en découlent, on pourrait éventuellement conclure au delà de ce que la seule constatation empirique apporte. C'est dans cet esprit que l'expérience relatée en deuxième partie a été conçue et conduite.

Si l'établissement de principes théoriques paraît à certains trop éloigné des buts concrets de l'I.N.É.A.C., on se rendra compte à cette occasion que, bien au contraire, ces principes peuvent guider utilement la recherche la plus pratique, faire gagner un temps considérable dans la conduite des essais agronomiques et, parfois, rendre susceptibles de solution, à l'échelle de temps qui intéresse le praticien, des problèmes qui, sans cette utilisation d'une base théorique, resteraient insolubles. Le but essentiel de l'I.N.É.A.C. est ainsi visé avec le maximum de raison et la probabilité d'atteindre ses objectifs les plus urgents et les plus concrets s'en trouve accrue.

Précisons encore que cette expérience, comme toutes celles conduites à la Division de Physiologie de l'I.N.É.A.C., vise uniquement l'établissement des *bases physiologiques* dans la détermination des besoins des plantes en substances minérales. Elle ne peut donc conduire qu'indirectement à la formulation d'engrais à appliquer en plantations. C'est là une question qui relève à la fois de la connaissance des bases physiologiques que nous étudions et de celle de l'apport nutritif que peut fournir le sol dans les conditions particulières du climat local et des pratiques culturales adoptées. Nous revenons sur ce point dans la quatrième partie de cette étude (p. 122).

C'est donc une pierre que nous tentons d'apporter à un édifice complexe. Nous espérons faire en cela œuvre utile, tout en conservant la parfaite conscience de l'importance des autres apports à la même construction.

DEUXIÈME PARTIE

Croissance et développement du Cacaoyer en fonction du milieu nutritif

PAR

MARCEL V. HOMÈS (U.L.B.), ANDRÉ MOLLE (I.N.É.A.C.),
ARTHUR RINGOET (I.N.É.A.C.) et GERMAINE VAN SCHOOR (U.L.B.).

Cette partie comporte les points suivants :

- I. — Plan de l'expérience (p. 17).
- II. — Étude phénologique de l'expérience (p. 24).
- III. — Étude des rendements pondéraux (p. 36).
- IV. — Synthèse des résultats divers concernant l'effet de chaque traitement (p. 65).

I. — PLAN DE L'EXPÉRIENCE.

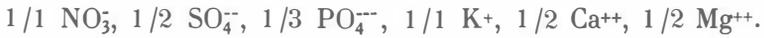
A. — LES FORMULES NUTRITIVES.

Sur la base des conceptions exposées dans la première partie de cette étude, les formules nutritives soumises à l'expérience sont définies par les caractéristiques suivantes :

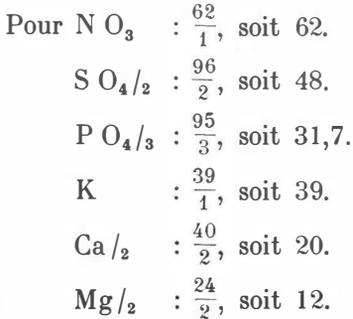
Constantes de l'expérience.

1. Chaque plante recevra un même total d'équivalents chimiques, ce terme étant défini comme la masse d'un ion divisée par sa valence. Nous parlerons donc d'équivalents positifs (cationiques) et négatifs (anioniques).

2. Les équivalents entrant dans le total maintenu constant sont les suivants :



Pour éviter toute confusion, précisons que les masses de ces équivalents sont les suivantes :



Le total en nombre d'équivalents étant constant, la somme pondérale de matière varie donc d'un traitement à l'autre.

3. Il n'est pas tenu compte, dans ce total, des ions H^+ et O H^- ou des ions jugés inutiles tels que C O_3^- .

4. Les éléments oligodynamiques (présents dans le substrat dont la pureté n'était pas parfaite) se trouvent en quantité égale dans tous les traitements.

5. Le total uniforme des équivalents chimiques pris en considération a été de 1.524 milliéquivalents par plante. Cette somme a été appliquée à toutes les plantes, par doses fragmentaires et de la même façon, suivant le plan exposé dans le tableau 3 (p. 23).

6. Le rapport du total des équivalents positifs à celui des équivalents négatifs (en tenant compte de la remarque faite au point 3) est 1,00. Chaque plante aura donc disposé, au cours de l'expérience, de 762 milliéquivalents négatifs ou « anioniques » et de 762 milliéquivalents positifs ou « cationiques ». Le rapport en question est appelé A/C.

Variables de l'expérience.

Un traitement se définit par la composition anionique, la composition cationique, le rapport A/C et la dose. Ces deux derniers caractères étant uniformes dans tous les traitements (voir ci-dessus points 5 et 6), les variantes expérimentales portent uniquement sur la composition anionique et la composition cationique.

Tout comme dans l'expérimentation sur le Palmier à huile (*op. cit.*), trois variantes anioniques et trois variantes cationiques ont été choisies. Elles se définissent par les proportions centésimales des équivalents, soit positifs, soit négatifs. Ces variantes sont les suivantes :

Variantes anioniques.

Symbole conventionnel des variantes	N	S	P
Pourcentage d'équivalents nitriques	60	20	20
Pourcentage d'équivalents sulfuriques	20	60	20
Pourcentage d'équivalents phosphoriques	20	20	60
Total commun d'équivalents anioniques	100	100	100

Variantes cationiques.

Symbole conventionnel des variantes	K	Ca	Mg
Pourcentage d'équivalents potassiques	60	20	20
Pourcentage d'équivalents calciques	20	60	20
Pourcentage d'équivalents magnésiques	20	20	60
Total commun d'équivalents cationiques	100	100	100

Traitements.

Un traitement consiste en une formule nutritive. Il résulte donc de la combinaison d'une variante anionique avec une variante cationique et sera désigné par un symbole conventionnel constitué de deux signes. Par exemple, N K représente la juxtaposition de la composition anionique N avec la composition cationique K.

Neuf combinaisons sont ainsi possibles. Elles ont toutes été réalisées et comparées à un traitement témoin T constitué du même substrat (sable) arrosé d'eau de pluie (voir conditions générales de l'expérience, p. 21).

Ces traitements sont donc définis par les compositions équivalentaires suivantes (tableau 1).

TABLEAU 1.
Composition équivalente des formules nutritives.

Symbole du traitement	Pour 100 équivalents au total, avec A/C = 1							
	50 équivalents négatifs, soit				50 équivalents positifs, soit			
	nitriques	sulfuriques	phosphoriques	potassiques	calciques	magnésiques		
N K	30	10	10	30	10	10		
N Ca	30	10	10	10	30	10		
N Mg	30	10	10	10	10	30		
S K	10	30	10	30	10	10		
S Ca	10	30	10	10	30	10		
S Mg	10	30	10	10	10	30		
P K.	10	10	30	30	10	10		
P Ca	10	10	30	10	30	10		
P Mg	10	10	30	10	10	30		
T	—	—	—	—	—	—		

Ces formules se réalisent en mélangeant, en proportions convenables, des solutions ou suspensions d'acides et de bases, en concentration de même normalité. Les mélanges salins ainsi obtenus constituent, en éléments majeurs, des formules nutritives complètes et, pour chacune d'elles, on peut calculer la valeur du rapport N : P₂O₅ : K₂O qui s'y trouve réalisé. Ces valeurs sont données dans le tableau 2.

TABLEAU 2.

Valeur du rapport N : P₂O₅ : K₂O dans les divers traitements appliqués.

Ces valeurs sont données en % de la somme pondérale (N + P₂O₅ + K₂O).

Symbole du traitement	Pourcentage de		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
N K	20	12	68
N Ca	38	20	42
N Mg	38	20	42
S K	8	13	19
S Ca	16	28	56
S Mg	16	28	56
P K	7	31	62
P Ca	10	54	36
P Mg	10	54	36

B. — CONDITIONS GÉNÉRALES DE L'EXPÉRIENCE.

La culture a été faite en récipients cylindriques de béton enduits intérieurement d'un vernis anti-acide, permettant une libre percolation de l'excès d'eau et contenant, comme substrat de culture, du sable dragué dans la rivière Lilanda, lavé aussi soigneusement que les conditions locales le permettaient. La culture a été faite sous abri vitré et, comme le Cacaoyer requiert un certain ombrage, les vitres des abris ont été peintes de bandes de couleur verte, laissant ainsi passer une lumière tamisée assez voisine de celle que requiert effectivement la plante. Sur les flancs de l'abri, de la toile de jute a été tendue depuis la hauteur de un mètre jusqu'au haut de l'abri; il régnait ainsi, sous l'abri, une lumière qui s'est avérée convenable pour l'expérimentation. Les photos n° 1 et n° 2 représentent les vases de végétation dans ces abris.

Le semis a été fait directement en place le 4 juin 1948. Les bacs ont été, dans la suite, arrosés d'un litre d'eau de pluie par jour et par bac.

Chaque bac (diamètre intérieur 42 cm, hauteur 60 cm) contenait 83 dm³ de sable. C'est ce sable qui, servant de substrat pour toutes les expériences, est utilisé, sans adjonction d'éléments nutritifs, dans le traitement témoin T. Le développement végétal qui s'y

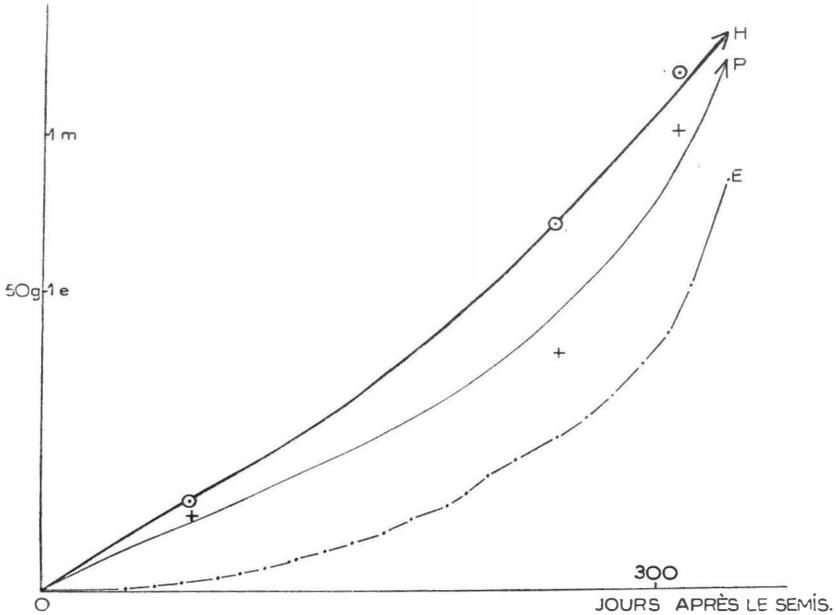


FIG. 1.

H. Courbe de la croissance en hauteur d'après les plantes prélevées en pépinière.

P. Courbe de la croissance en poids frais, sur la même base.

E. Courbe des apports alimentaires cumulés.

(Ordonnées : 50 g se rapporte à la courbe P; 1 m se rapporte à la courbe H; 1 e = 1 équivalent, à la courbe E.)

produit provient donc des traces de minéraux utiles qu'il peut contenir ainsi que de l'eau d'arrosage. Celle-ci, de l'eau de pluie récoltée en citernes de béton, apportait un peu de calcium, sans grand effet en présence d'une formule complète et suffisamment abondante, mais certainement non négligeable sur un substrat aussi pauvre que le sable non enrichi.

Les doses nutritives ont été appliquées à un rythme basé sur l'allure approximative de la courbe de croissance, telle que celle-ci peut se déduire de la pesée de plantes prélevées en pépinière.



РНОТО 1.



РНОТО 2.

Une large marge de sécurité étant alors prévue, les plantes ont reçu un total d'équivalents chimiques suffisant pour assurer, au moins, la croissance moyenne des plantes telle qu'elle se réalise dans les pépinières expérimentales de l'I.N.É.A.C. L'expérience était normalement prévue pour une durée d'un an et la courbe de croissance a été établie par quelques points approchés pour une même période. Cela nous donne un élément de comparaison qui nous permet, en fin d'expérience, de nous rendre compte si les plantes soumises aux conditions de notre expérimentation ont un développement à peu près normal. La figure n° 1 représente les courbes de croissance ainsi obtenues; l'une est exprimée en grammes de matière fraîche totale, l'autre en centimètres de hauteur; on y a ajouté la courbe des apports alimentaires cumulés (en équivalents).

Le tableau 3 indique les doses alimentaires effectivement appliquées au cours de l'expérimentation dans les traitements autres que le témoin. Elles correspondent à la courbe E de la figure 1.

TABLEAU 3.

Doses nutritives appliquées au cours de l'expérimentation.

- I. Quantité appliquée en milliéquivalents par plante.
- II. Quantité appliquée cumulée depuis le début de l'expérimentation, en milliéquivalents.

Date d'application	I	II	Date d'application	I	II
30 juin 1948	8	8	20 décembre 1948	40	280
16 juillet 1948	8	16	31 décembre 1948	50	330
30 juillet 1948	8	24	11 janvier 1949	50	380
13 août 1948	16	40	28 janvier 1949	60	440
31 août 1948	16	56	14 février 1949	60	500
11 septembre 1948	16	72	27 février 1949	72	572
23 septembre 1948	16	88	13 mars 1949	72	644
8 octobre 1948	24	112	25 mars 1949	100	744
22 octobre 1948	24	136	8 avril 1949	100	844
5 novembre 1948	32	168	22 avril 1949	150	994
22 novembre 1948	32	200	13 mai 1949	340	1.334
3 décembre 1948	40	240	3 juin 1949	190	1.524

II. — ÉTUDE PHÉNOLOGIQUE DE L'EXPÉRIENCE.

Le terme « phénologie » est pris ici dans son sens le plus large, c'est-à-dire que nous réunissons, dans cette partie de l'étude, tout ce qui concerne les caractères directement observables au cours de la croissance, tant quantitatifs que qualitatifs.

A. — ÉTUDE DE LA CROISSANCE EN HAUTEUR.

Signalons dès à présent que, pour l'ensemble de l'étude, les moyennes figurant dans les tableaux sont les moyennes arithmétiques. Il n'a été pratiqué d'élimination qu'en ce qui concerne le rendement en poids. Les plantes ainsi éliminées ne sont pas prises en considération pour les autres mesures. Les hauteurs atteintes par les plantes en expérience ont été mesurées mensuellement sur chaque sujet. Elles sont comptées à partir du sol et, la hauteur initiale étant comptée pour zéro, il est entendu qu'une certaine croissance se passe entre le moment de la germination et celui où la tige apparaît à la surface du sol. Il n'est tenu aucun compte de cette croissance. Les mesures mensuelles, réduites aux moyennes, sont exprimées dans le tableau 4. Elles sont représentées dans la figure n° 2 pour trois séries de plantes : la série témoin (T), la série où la croissance est la plus grande (traitement N Mg) et celle où la croissance est la plus faible (traitement P K). Les autres traitements ne sont pas représentés sur le graphique, afin de ne pas le surcharger. Seule la fin de toutes les courbes a été indiquée et, grâce à cela, il est possible de voir que toutes les autres courbes se placent beaucoup plus près de la courbe N Mg que de la courbe P K. En d'autres termes, au point de vue de l'allure générale de la courbe de croissance, la courbe P K est tellement mauvaise qu'elle est à peu près confondue avec celle du témoin. On constatera même que la courbe P K tend vers un palier beaucoup plus caractérisé que celui des autres courbes. Il est vraisemblable que la hauteur maximum possible dans ce traitement est déjà atteinte, ce qui signifie que les plantes soumises à ce traitement ne peuvent continuer à vivre plus longtemps. Selon toute vraisemblance, en ce qui concerne la hauteur, le témoin aurait bientôt dépassé les plantes soumises au traitement P K. Cette remarque prend toute sa valeur quand on compare les rendements pondéraux effectivement obtenus dans les divers traitements, ainsi qu'il apparaîtra plus loin (pp. 36 et 58).

La courbe de croissance du Cacaoyer est limitée ici à une partie de son développement; elle ne présente évidemment pas l'allure

sigmoïde d'une croissance totale. On doit s'attendre normalement à ce que la croissance continue encore pendant un temps considérable avant que l'infléchissement final n'apparaisse, sauf si le traitement est tellement défavorable que la vie de la plante ne puisse pas se prolonger dans les conditions expérimentales. Cela est donc rapidement le cas pour le traitement P K. Toutefois, dans les courbes de croissance, on observe des ralentissements. Ceux-ci ne semblent

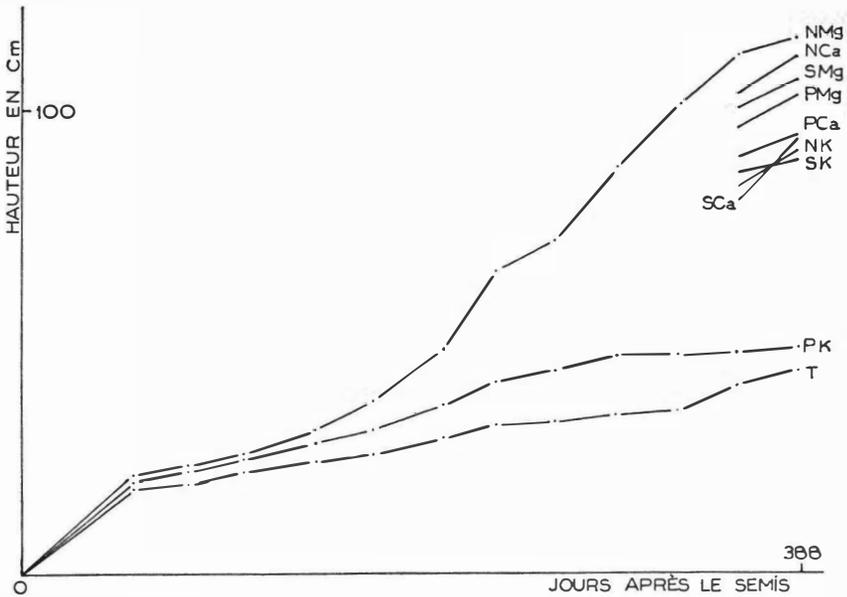


FIG. 2. — Courbes de croissance en hauteur pour les plantes soumises aux divers traitements expérimentaux. Les symboles sont ceux dont la signification est donnée page 19.

pas dus à des erreurs de mesure, parce qu'on les retrouve pour toutes les courbes. Ils sont vraisemblablement liés à des variations des conditions climatiques.

Il est peut-être plus intéressant de comparer ces données entre elles en ramenant, à chaque date, les valeurs en pour cent de la moyenne générale. Ceci fait évidemment disparaître l'expression de la croissance elle-même, mais il est plus facile de suivre de la sorte l'effet comparatif des traitements et leur évolution dans le temps.

Ces données relatives sont fournies dans le tableau 5. On voit ainsi que la pauvreté du substrat responsable de la valeur donnée

TABLEAU 4.
Hauteur des plantes en expérience (en cm).

Date	1948										1949					
	27.VII	25.VIII	22.IX	27.X	25.XI	30.XII	25.I	25.II	25.III	25.IV	25.V	27.VI				
Nombre de jours depuis le semis	53	82	110	145	174	209	235	266	294	325	355	388				
Traitement T	18,1	19,5	21,5	24,3	25,4	28,8	32,2	32,4	34,1	34,8	39,7	44,9				
Traitement N K	19,3	21,6	24,3	28,4	30,8	38,3	48,8	56,7	66,8	76,0	85,1	92,5				
Traitement N Ca	19,9	21,8	26,2	30,2	33,6	42,3	56,5	63,5	77,2	91,9	103,0	111,3				
Traitement N Mg	19,8	22,2	25,6	30,7	37,0	48,0	65,1	71,4	87,0	100,1	111,0	116,3				
Traitement S K	19,6	21,9	25,1	28,9	31,4	38,6	53,4	57,2	67,7	76,4	86,3	90,2				
Traitement S Ca	18,5	20,9	23,2	27,3	31,1	36,4	43,7	49,0	58,1	72,0	84,1	94,1				
Traitement S Mg	18,1	20,4	23,1	28,8	34,2	44,2	59,8	65,4	76,4	89,2	100,7	106,7				
Traitement P K	20,7	22,8	25,3	28,1	30,8	35,9	41,1	43,3	45,4	46,6	49,0	49,3				
Traitement P Ca	19,3	21,6	24,6	28,6	31,9	37,6	51,0	55,9	66,4	77,1	90,3	94,7				
Traitement P Mg	19,4	21,4	24,2	29,1	32,2	41,0	52,6	58,0	67,9	84,0	96,4	103,1				

TABLEAU 5.
Hauteur des plantes en expérience (en % de la moyenne à chaque date de mesure).

Date	1948							1949					
	27.VII	25.VIII	22.IX	27.X	25.XI	30.XII	25.I	25.II	25.III	25.IV	25.V	27.VI	
Nombre de jours depuis le semis	53	82	110	145	174	209	235	266	294	325	355	388	
Traitement T	94	91	88	85	80	74	64	59	53	47	47	50	
Traitement N K	100	101	100	100	97	98	97	103	103	102	101	102	
Traitement N Ca	103	102	108	107	106	108	112	115	119	123	122	123	
Traitement N Mg	103	104	105	108	116	123	129	129	135	134	131	129	
Traitement S K	102	102	103	102	99	99	106	104	105	102	102	100	
Traitement S Ca	96	98	95	96	98	93	87	89	90	96	100	104	
Traitement S Mg	94	95	95	101	107	113	119	118	118	119	119	118	
Traitement P K	107	107	104	99	97	92	82	78	70	62	58	55	
Traitement P Ca	100	101	101	101	100	96	101	101	103	103	107	105	
Traitement P Mg	101	100	100	102	101	105	104	105	105	112	114	114	

par le témoin T se marque dès le début de l'expérience. Ceci nous rassure sur la valeur de ce substrat, qui est donc suffisamment voisin du substrat inerte que nous devrions avoir en théorie.

On observera ainsi que le traitement le plus favorable du point de vue du développement en hauteur (le traitement N Mg) est supérieur aux autres dès le début de l'expérience. Peut-être est-ce là d'ailleurs un caractère d'un traitement suffisamment voisin de l'optimum réel. D'autres traitements, en effet, apparaissent tout d'abord comme légèrement inférieurs à la moyenne, tout en devenant, dans la suite, assez favorables (S Mg, par exemple). D'autres encore sont, tout au long de l'expérience, des traitements de valeur moyenne : leur effet oscille légèrement, tantôt en plus, tantôt en moins, autour de la valeur moyenne.

Le traitement P K enfin mérite de retenir notre attention. C'est, finalement, le moins bon, comme nous l'avons déjà dit. Au début de la culture, cependant, il est légèrement supérieur aux autres, même au traitement N Mg, le meilleur finalement. Cela pourrait être l'expression d'une fluctuation de hasard, mais nous sommes enclins à croire que cela traduit un effet réel, bien qu'assez faible. Cet effet est-il lié à une exigence particulière de la plante dans son tout jeune âge, ou bien résulte-t-il d'une meilleure compensation initiale de l'inévitable déséquilibre existant au départ en raison de la composition du substrat? La position de la courbe T nous pousse à éliminer cette dernière hypothèse. Nous pensons qu'il s'agit d'un effet réellement lié à la composition de la formule P K.

On pourrait en conclure qu'il serait avantageux d'appliquer, pendant les deux premiers mois, une formule voisine de P K et, plus tard seulement, une formule voisine de N Mg. Bien qu'il soit très vraisemblable que cela soit l'interprétation théorique la plus logique, — et cela constitue une illustration de la variation des exigences au cours du développement — nous pensons que le bénéfice pratique qu'on tirerait en l'appliquant serait minime. Retenons toutefois que, pour des plantes passant le début de leur vie en pépinière, il n'est pas impossible d'en tenir compte.

Il est enfin intéressant de comparer les résultats des mesures de hauteur aux observations sur les rendements pondéraux. Cette comparaison est possible pour la mesure qui correspond à la date de récolte ⁽¹⁾ (dernière colonne du tableau 3) et nous en donnons au tableau 6 l'analyse statistique.

⁽¹⁾ Pour cette comparaison, voir p. 62.

TABLEAU 6.
Hauteur des plantes à la récolte.

Analyse statistique des résultats.

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance	F calculé
Variation générale	65.358	99	—	—
Variation due au traitement ...	53.339	9	5.927	44
Variation due aux erreurs ...	12.019	90	134	—

F des tables pour $p = 0,01$: 2,59;
0,05 : 1,97.

Différence minimum significative pour $p = 0,05$: 10,2 cm.

Les différences entre traitements qui, à la suite de cette analyse, apparaissent comme significatives, sont résumées par le tableau 7.

On y voit que les traitements N Ca, N Mg, S Mg et P Mg sont de bons traitements sous le rapport de la hauteur des plantes, les traitements N Ca, N Mg et S Mg étant supérieurs à tous ceux par rapport auxquels ils présentent une différence significative. Le traitement P Mg, tout en étant bon, est cependant significativement inférieur au traitement N Mg. D'autre part, les traitements N K, S K, S Ca, P K et P Ca sont mauvais. Mais, parmi ceux-là, seul le traitement P K est significativement inférieur à tous les autres. Les traitements N K, S K et P Ca sont, d'autre part, inférieurs à tous ceux dont ils diffèrent significativement, à l'exception du traitement P K. On peut donc, à la suite de cette observation, classer les traitements en quelques groupes :

1° Le groupe des traitements supérieurs à tous ceux dont ils diffèrent significativement. Ce sont les traitements N Mg, N Ca et S Mg.

2° Le traitement P Mg, supérieur à tous ceux qui suivent, diffère uniquement du traitement N Mg du groupe précédent.

3° Les traitements N K, S K et P Ca, significativement différents et inférieurs à tous ceux qui précèdent, ne différant pas entre

TABLEAU 7.

Différences significatives de hauteur entre les plantes à la récolte.

(+) indique l'existence d'une différence en faveur du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

(-) indique l'existence d'une différence au désavantage du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

		Traitement									
		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	T		+	+	+	+	+	+		+	+
	N K	—		+	+			+	—		+
	N Ca	—	—			—	—		—	—	
	N Mg	—	—			—	—		—	—	—
	S K	—		+	+			+	—		+
	S Ca	—		+	+			+	—		
	S Mg	—	—			—	—		—	—	
	P K		+	+	+	+	+	+		+	+
	P Ca	—		+	+			+	—		
	P Mg	—	—		+	—			—		

eux et supérieurs, de façon significative, au seul traitement P K.

4° Le traitement P K, significativement inférieur à tous les autres.

5° Le témoin, significativement inférieur à tous les traitements, sauf au traitement P K.

D'une manière plus schématisée encore : les traitements N Mg, N Ca, S Mg et P Mg sont de bons traitements; les traitements P Ca, S Ca, N K et S K sont de valeur moyenne; le traitement P K est nettement défectueux.

B. — ÉTUDE DU DÉVELOPPEMENT DES RACINES.

Lors de l'arrêt de l'expérience, les racines ont été entièrement dégagées du substrat de culture et examinées. Nous donnons ici le résultat des mensurations qui ont pu être effectuées sur ces racines. On sait que le Cacaoyer possède un pivot assez marqué. Une première constatation est que, dans les cas les plus défavorables, la longueur du pivot n'a pas dépassé celle du bac de culture, c'est-à-dire qu'il n'y a eu aucun écrasement du sommet du pivot au fond du récipient et que les récipients étaient, par conséquent, proportionnés de façon convenable au degré de développement que les plantes ont présenté jusqu'à la fin de l'expérimentation. Sur ces racines, deux mensurations ont été faites : la longueur du pivot proprement dit et le contour au niveau du collet, cette dernière mesure pouvant être considérée comme intéressant autant la tige que la racine. Ces données figurent au tableau 8.

TABLEAU 8.
Examen des racines à la récolte.

Traitement	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Longueur du pivot en cm	60	64	66	66	63	61	65	59	64	64
Contour au collet en cm	4,8	6,7	7,3	8,1	6,4	6,7	8,3	4,5	7,3	7,2

Ce tableau montre des différences beaucoup plus marquées dans le contour au collet qu'en ce qui concerne la longueur du pivot. Il est même remarquable que les plantes témoins (traitement T) ont un pivot à peine moins développé que les meilleures plantes traitées, alors que, en ce qui concerne le contour au collet, les différences sont très nettement marquées, particulièrement entre le témoin et les plantes soumises à un traitement favorable. Il en était d'ailleurs de même pour la hauteur des tiges. En ce qui concerne le développement en longueur, tiges et racines réagissent donc très différemment à la formule alimentaire. Le grand développement en longueur des racines dans les plantes témoins exprime la compensation naturelle à la pauvreté du sol.

Ces données, soumises à l'analyse statistique, fournissent les résultats qui figurent aux tableaux 9 et 10.

TABLEAU 9.

Longueur du pivot.

Analyse statistique des résultats.

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance	F calculé
Variation générale	3.223	99	—	—
Variation due au traitement ...	564	9	62,67	2,12
Variation due aux erreurs ...	2.659	90	29,54	—

F des tables pour $p = 0,01$: 2,59;
 0,05 : 1,97.

Différence minimum significative pour $p = 0,05$: 4,78 cm.

TABLEAU 10.

Contour au collet.

Analyse statistique des résultats.

Constituants de la variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté	Variance	F calculé
Variation générale	206,55	99	—	—
Variation due au traitement ...	139,18	9	15,46	20,61
Variation due aux erreurs ...	67,37	90	0,75	—

F des tables pour $p = 0,01$: 2,59;
 0,05 : 1,97.

Différence minimum significative pour $p = 0,05$: 0,8 cm.

Les différences significatives sont reportées dans les tableaux 11 et 12. On voit qu'il existe un bien plus grand nombre de différences significatives dans le contour au collet (31 au total) que pour la longueur du pivot (11 au total).

TABLEAU 11.
Différences significatives de longueur du pivot.

(+) indique l'existence d'une différence en faveur du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

(-) indique l'existence d'une différence au désavantage du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

		Traitement									
		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	T			+	+			+			
	N K								-		
	N Ca	-					-		-		
	N Mg	-					-		-		
	S K										
	S Ca			+	+						
	S Mg	-							-		
	P K		+	+	+			+		+	+
	P Ca								-		
	P Mg								-		

Au point de vue de la longueur, les traitements N Ca, N Mg, S Mg, N K, P Ca et P Mg présentent une supériorité. Les deux premiers sont supérieurs à trois traitements (T, S Ca et P K). Le traitement P K est inférieur à la plupart des autres.

En ce qui concerne le contour au collet (tableau 12), le traitement témoin et le traitement P K sont, comme pour la hauteur des tiges, inférieurs à tous les autres. Dans l'ensemble d'ailleurs, ce tableau ressemble très fort au tableau 7.

TABLEAU 12.

Différences significatives de contour au collet.

(+) indique l'existence d'une différence en faveur du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

(-) indique l'existence d'une différence au désavantage du traitement dont le symbole est inscrit en tête de colonne.

		Traitement									
		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	T		+	+	+	+	+	+		+	+
	N K	-			+			+	-		
	N Ca	-			+	-		+	-		
	N Mg	-	-	-		-	-		-	-	-
	S K	-		+	+			+	-	+	+
	S Ca	-			+			+	-		
	S Mg	-	-	-		-	-		-	-	-
	P K		+	+	+	+	+	+		+	+
	P Ca	-			+	-		+	-		
	P Mg	-			+	-		+	-		

En résumé, on remarque :

1° De très bons traitements : N Mg et S Mg, supérieurs à tous les autres.

2° Trois bons traitements, supérieurs à deux autres non compris le témoin. Ce sont : N Ca, P Ca, P Mg.

3° Trois traitements médiocres, supérieurs seulement au traitement P K, en dehors du témoin : N K, S K, S Ca.

4° Un mauvais traitement, inférieur à tous les autres, non compris le témoin : P K.

En dépit de quelques différences, l'examen du contour au collet révèle donc à peu près la même chose que la mesure de hauteur des tiges.

C. — ÉTUDE DES INDICES DE SANTÉ.

Il n'a pas été possible, dans le cas du Cacaoyer, de définir, par une cote synthétique simple, l'état de santé de la plante comme on a pu le faire à propos du Palmier à huile.

On a toutefois tenté d'apprécier l'état de santé des plantes par des critères divers auxquels nous donnons les noms suivants :

Indice de toxicité : cet indice est essentiellement basé sur le nombre de feuilles tombées par rapport au nombre total de feuilles formées par la plante depuis sa germination jusqu'à l'arrêt de l'expérience.

Indice de santé : cet indice est basé sur la présence des signes de brûlure ou de jaunissement.

Indice de dommages : cet indice est basé sur le pourcentage de feuilles présentant un dégât quelconque par rapport au nombre total de feuilles présentes au moment de l'observation.

Si l'on classe l'effet des différents traitements d'après l'état de santé manifesté en moyenne par les plantes qui y sont soumises, en se basant sur les différents critères qui viennent d'être précisés, on obtient le tableau 13.

Les nombres les plus élevés correspondent toujours à l'état le moins favorable.

On observera que le classement ne s'opère pas de façon parfaitement identique, suivant le critère choisi. Aucun de ces critères ne définit donc d'une manière parfaite l'état de santé de la plante. Nous ne pourrions donc pas tirer, de la valeur numérique des indices utilisés, des conclusions d'ordre quantitatif absolument valables. Nous nous contenterons d'indiquer que, dans le tableau 13, certains traitements sont toujours classés en tête, d'autres à la fin de la série, un troisième groupe, enfin, est caractérisé par une place variable dans la zone moyenne.

Les traitements N Ca, N Mg et S Ca appartiennent au premier groupe. En additionnant les points de classement, ils totalisent

TABLEAU 13.
Classement des traitements d'après l'état de santé des plantes
qui y sont soumises (en fin de culture).

Critère	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Indice de toxicité	9	7	2	1	8	4	6	10	3	5
Indice de santé	7	8	1	4	9	2	6	10	2	4
Indice de dommages	10	7	5	1	7	2	3	9	5	4
Total	26	22	8	6	24	8	15	29	10	13

chacun moins de 10, le traitement N Mg venant en tête avec 6 points. Les traitements T et P K appartiennent au second groupe et totalisent ainsi plus de 25 points.

Les traitements N K et S K n'occupent d'ailleurs pas une position beaucoup plus favorable (avec un total supérieur à 20 points). Les autres traitements occupent une position intermédiaire et totalisent, dans les classements, de 10 à 20 points.

III. — ÉTUDE DES RENDEMENTS PONDÉRAUX.

Nous avons procédé pour le Cacaoyer comme M. HOMÈS l'a fait pour le Palmier à huile. A l'arrêt des expériences, c'est-à-dire après douze mois de culture, les plantes ont été récoltées de la manière suivante : une première opération sectionne la tige au ras du sol; de la partie aérienne ainsi séparée, les feuilles et les tiges sont pesées, à l'état frais, le plus rapidement possible, de façon à réduire au minimum les causes d'erreur dues aux pertes d'eau par évaporation; le matériel est alors préparé en vue de la dessiccation et celle-ci est conduite, dans les conditions de Yangambi, au mieux possible, sans que nous puissions obtenir cependant une température de dessiccation rigoureusement garantie.

Le matériel récolté étant extrêmement abondant, il nous a été

impossible d'en sécher l'entièreté. La détermination du poids sec a donc été faite sur un certain nombre de plantes appartenant à chacun des traitements et le chiffre moyen de l'hydratation ainsi trouvé a permis de déterminer, par le calcul, le poids sec de l'ensemble des plantes soumises à chaque traitement. Il y a donc là, également, une légère approximation qui peut diminuer la rigueur des données numériques relatives au poids sec.

Après l'opération du prélèvement et la préparation du matériel en vue de la dessiccation, les racines sont recueillies à leur tour. La récolte des racines s'opère par enlèvement manuel, aussi soigné que possible, du sable et par la séparation des racines à partir de ce substrat, mais il est bien évident que cette opération prend un temps considérable. Aussi est-il superflu de déterminer le poids frais des racines, car il pourrait avoir varié trop fortement au cours de l'opération. Les racines, après un nettoyage soigné, sont donc mises directement à sécher. L'étude de la variabilité montre qu'en dépit de la présence inévitable de certains éléments de sable restant accrochés aux racines, le matériel ainsi recueilli n'est pas plus variable que le matériel aérien.

Le tableau 14 résume les données pondérales, la variabilité étant représentée dans chaque cas, suivant les conventions habituelles, c'est-à-dire que les données moyennes relatives à chaque traitement sont accompagnées de la valeur de la déviation standard de la moyenne calculée suivant la formule

$$\sigma_m \text{ (ou E)} = \sqrt{\frac{\Sigma (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}.$$

En vue de faciliter la comparaison des résultats relatifs aux différentes parties de la plante, tant en poids frais que sec, les données de ce tableau sont reprises dans le tableau 15 sous forme de valeurs ramenées en pour cent de la valeur moyenne pour chaque type d'organes étudié. Ce dernier tableau permet de voir, avec plus de facilité, dans quelle mesure chaque traitement affecte le rendement, par rapport à la moyenne, pour les différents organes, et d'étudier s'il existe ou non des résultats différents, suivant ces catégories d'organes. La moyenne ne porte que sur *les plantes traitées* et ne comprend donc pas la valeur relative au témoin T. Les rendements du témoin sont toutefois exprimés eux aussi dans le tableau 15, par rapport à la moyenne des plantes traitées, en vue d'en permettre la comparaison avec ces dernières. Dans ce tableau, et dans la suite du travail, T représente les tiges, F les feuilles, (F + T) l'ensemble de la partie aérienne de la plante, R les racines et (F + T + R) l'ensemble de la plante.

TABLEAU 14.
Rendements pondéraux en g (moyenne par plante).

	Traitement										Moyenne sans le traitement T	
	T	NK	NCa	NMg	SK	SCa	SMg	PK	PCa	PMg		
Poids frais	F	24 ± 4	104 ± 16	194 ± 15	224 ± 11	69 ± 14	159 ± 18	214 ± 7	2 ± 0,4	173 ± 22	183 ± 15	146,6
	T	21 ± 4	108 ± 11	148 ± 15	186 ± 10	98 ± 7	403 ± 13	164 ± 10	25 ± 4	124 ± 15	121 ± 10	119,7
	(F+T)	45 ± 7	212 ± 26	339 ± 29	410 ± 15	167 ± 19	262 ± 30	378 ± 15	27 ± 5	297 ± 36	304 ± 26	266,2
Poids sec	F	6,3 ± 0,9	27,6 ± 4,1	51,2 ± 3,8	63,6 ± 2,7	18,3 ± 3,6	41,7 ± 4,8	60,7 ± 2,7	0,9 ± 0,02	45,6 ± 5,7	51,4 ± 5,1	40,1
	T	5,2 ± 0,8	23,9 ± 2,5	38,1 ± 5,8	44,1 ± 3,7	22,2 ± 1,5	20,3 ± 2,6	36,8 ± 2,5	6,1 ± 0,8	28,3 ± 3,6	29,0 ± 3,2	27,6
	R	4,4 ± 0,7	14,4 ± 1,1	19,1 ± 2,7	26,5 ± 4,1	15,4 ± 1,0	13,3 ± 1,2	26,0 ± 2,3	4,5 ± 0,5	17,5 ± 2,8	17,2 ± 2,1	17,1
	(F+T)	11,5 ± 1,5	51,5 ± 6,3	89,3 ± 8,5	107,7 ± 5,0	40,5 ± 4,9	62,0 ± 7,7	97,5 ± 5,0	7,0 ± 0,9	73,9 ± 9,0	80,4 ± 8,2	67,8
	(F+T+R)	15,9 ± 2,2	65,9 ± 7,1	108,4 ± 10,4	134,2 ± 8,3	55,9 ± 5,7	75,3 ± 8,1	123,5 ± 7,0	11,5 ± 1,4	91,4 ± 11,5	97,6 ± 10,1	84,9

TABLEAU 15.
Rendements pondéraux (pourcentages en fonction du poids moyen des plantes traitées de chaque ligne horizontale).

		Traitement									
		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Poids frais	F	16	71	130	153	48	108	146	1	118	125
	T	18	90	124	155	82	86	137	21	104	101
	(F+T)	17	80	127	154	63	98	142	10	112	114
Poids sec	F	16	69	128	159	46	104	151	2	114	128
	T	19	87	138	160	80	73	133	22	102	105
	R	26	84	112	155	90	78	152	26	103	101
	(F + T)	17	76	132	159	60	92	144	10	109	119
	(F + T + R)	19	78	128	158	66	89	146	14	108	115

A. — **COUP D'ŒIL GÉNÉRAL SUR LES TABLEAUX DE RENDEMENT.**

On constatera immédiatement que le traitement P K donne des rendements presque identiques à ceux du témoin ou même légèrement inférieurs. Ceci nous montre qu'un traitement peut être plus mauvais qu'un témoin pourtant très pauvre et cela souligne, dès l'abord, l'importance et le danger d'un traitement mal équilibré.

Le fait est surtout remarquable en ce qui concerne les feuilles (F) où le rendement est pratiquement nul. Cela tient à ce que les plantes soumises à ce traitement perdaient leurs feuilles très rapidement. En somme, les plantes du témoin T sont simplement de petites plantes, mais les plantes du traitement P K sont des plantes en très mauvais état. Dans les autres traitements, des différences notables s'accusent et, dans le tableau où les données sont exprimées en pourcentage, on remarquera, dans chaque colonne, une grande uniformité, c'est-à-dire que les bons traitements sont favorables pour toutes les parties du végétal et inversement. Un parallélisme encore plus net existe en ce qui concerne les données équivalentes (même traitement, même organe) exprimées en frais ou en sec (PF ou PS).

B. — **COMPARAISON PAR COUPLES DE TRAITEMENTS.**

M. HOMÈS a formulé dans son étude sur le Palmier à huile, l'opinion selon laquelle, dans l'analyse d'expériences portant sur un petit nombre de sujets, il est plus fructueux de calculer toutes les probabilités de signification, plutôt que de ne tenir compte que des cas où, par convention, on considère cette probabilité comme équivalant pratiquement à une certitude. Cette opinion est aussi celle de SIMPSON et ROE.

Dans le cas de la présente expérience, cette détermination des probabilités a été faite dans tous les couples de comparaison possibles. *Le témoin n'a jamais été pris en considération.* Il donne, en effet, des résultats très nettement inférieurs à la moyenne. L'expérience, abstraction faite du témoin T, comporte donc neuf traitements pour lesquels nous possédons des données numériques relatives au poids frais des feuilles, des tiges et de leur total, ainsi qu'au poids sec des feuilles, des tiges, des racines, du total (feuilles + tiges) ou du total (feuilles + tiges + racines). Il est possible, à l'aide de ces données, de réaliser pour chaque catégorie de mesures 36 couples de comparaison, soit au total 288 comparaisons.

Sur ces 288 cas, 179 présentent une probabilité de signification supérieure à 95 % et, parmi ceux-ci, 143 ont 99 % de chances d'être significatifs (symboles conventionnels respectifs : $p = 0,05$ et $0,01$).

Devant une telle abondance de comparaisons où les différences sont hautement significatives, on peut se passer de l'interprétation des cas où existe une probabilité moins forte qui représenterait, comme nous l'avons dit précédemment, une présomption d'effet différentiel des traitements.

Dans le but d'alléger la présentation de ce travail, nous ne tiendrons donc compte que des cas où la probabilité correspond à la convention de 95 % au moins, mais nous tenons à attirer l'attention du lecteur sur le fait que c'est là une dérogation à un principe, dérogation acceptée ici eu égard à l'allure hautement significative de l'expérience. Nous l'abandonnerons éventuellement dans des études ultérieures pour retourner à la considération de tous les cas dignes d'intérêt, c'est-à-dire tous ceux où existe une présomption notable en faveur de l'existence d'une différence.

En ce qui concerne les feuilles, les tiges et le total des parties aériennes des plantes, nous possédons des mesures de poids frais et de poids sec; pour les autres organes nous ne possédons que le poids sec. On attache souvent une importance plus grande au poids sec dans l'étude des rendements et, bien que cela soit, du point de vue physiologique, contestable à beaucoup d'égards, on peut se ranger, en première approximation, à cette opinion pour la raison que les analyses sont en général exprimées par référence au poids sec et que les poids secs correspondent, d'autre part, à la partie qui intéresse le plus communément le praticien dans une étude agronomique. Nous nous limiterons donc aux données relatives au poids sec dans les tableaux reproduits ici (tableaux 16 à 20). Nous y avons toutefois ajouté, en italique, les nombres correspondant à des différences qui seraient apparues comme significatives dans la comparaison des poids frais et qui ne seraient pas apparues dans la comparaison des poids secs. Disons immédiatement que, sur 75 différences significatives, 5 seulement ne le sont que sur le poids frais et non sur le poids sec. Ce nombre montre, en passant, que, dans l'étude du rendement (tout au moins pour la plante qui nous concerne), il n'est pas indispensable de procéder aux mesures de poids sec, et cela peut être une indication extrêmement précieuse pour les expérimentateurs en régions tropicales, où les conditions de détermination du poids sec sont parfois difficiles à réunir. C'est ce que traduisait également le parallélisme général signalé au paragraphe précédent.

TABLEAU 16.

Différences de rendements entre traitements, exprimées en pour cent du poids sec moyen.

FEUILLES.

Seuls les cas significatifs à 95 % ($p = 0,05$) sont repris ici.

		Traitement								
		N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	N K		+ 59	+ 90		+ 35	+ 82	- 67	+ 45	+ 59
	N Ca	- 59		+ 31	- 82			-126		
	N Mg	- 90	- 31		-113	- 55		-157	- 45	- 31
	S K		+ 82	+113		+ 58	+105	- 44	+ 68	+ 82
	S Ca	- 35		+ 55	- 58		+ 47	-102		
	S Mg	- 82			-105	- 47		-149	- 37	
	P K	+ 67	+126	+157	+ 44	+102	+149		+112	+126
	P Ca	- 45		+ 45	- 68		+ 37	-112		
	P Mg	- 59		+ 31	- 82			-126		

N.B. — Les résultats figurant dans les tableaux 16 à 20 sont obtenus comme suit :

Nous prenons, comme exemple, la première donnée du tableau 17. Cette donnée est 51.

Poids sec tiges, traitement N Ca : 38,1.

Poids sec tiges, traitement N K : 23,9.

Différence : 14,2.

Poids sec moyen des tiges (témoin T non compris) : 27,6.

Calcul :

$$\frac{14,2 \times 100}{27,6} = 51,4 \text{ arrondi à } 51.$$

TABLEAU 17.

Différences de rendements entre traitements, exprimées en pour cent du poids sec moyen.

TIGES.

Seuls les cas significatifs à 95 % ($p = 0,05$) sont repris ici.

		Traitement								
		N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	N K		+ 51	+ 73			+ 46	- 65		
	N Ca	- 51		+ 22	- 58	- 65		-116		
	N Mg	- 73	- 22		- 80	- 87		-138	- 58	- 55
	S K		+ 58	+ 80			+ 53	- 58		
	S Ca		+ 65	+ 87			+ 60	- 51		+ 32
	S Mg	- 46			- 53	- 60		-111	- 31	- 28
	P K	+ 65	+116	+138	+ 58	+ 51	+111		+ 80	+ 83
	P Ca			+ 58			+ 31	- 80		
	P Mg			+ 55		- 32	+ 28	- 83		

Les données utilisées proviennent du tableau 14. Cette expression, en pour cent de la moyenne, permet de comparer l'ampleur des différences pour les diverses parties de la plante. Chaque nombre figure deux fois dans chacun des tableaux 16 à 20. S'il y a 52 cases (tableau 16) contenant un résultat, il y a donc 26 résultats significatifs concernant l'objet de ce tableau.

Certaines remarques sont communes à tous les tableaux relatifs à ce paragraphe (tableaux 16 à 20) :

1. Le traitement P K est inférieur à tous les autres, quel que soit l'organe considéré.
2. Le traitement N Mg est supérieur à tous les autres, quel que

TABLEAU 18.

Différences de rendements entre traitements, exprimées en pour cent du poids sec moyen.

RACINES.

Seuls les cas significatifs à 95 % ($p = 0,05$) sont repris ici.

		Traitement								
		N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	N K			+ 71			+ 68	- 58		
	N Ca							- 86		
	N Mg	- 71			- 65	- 77		-129		
	S K			+ 65			+ 62	- 64		
	S Ca			+ 77			+ 74	- 52		
	S Mg	- 68			- 62	- 74		-126	- 49	- 51
	P K	+ 58	+ 86	+129	+ 64	+ 52	+126		+ 77	+ 75
	P Ca						+ 49	- 77		
	P Mg						+ 51	- 75		

soit l'organe considéré, mais cette différence n'est pas toujours significative. En dépit de cette restriction, ce traitement peut être considéré comme le meilleur de tous ceux qui ont été expérimentés.

D'autre part, le nombre de résultats significatifs varie suivant la partie de la plante :

- Tableau 16 : Feuilles, 26 différences significatives;
- Tableau 17 : Tiges, 23 différences significatives;
- Tableau 18 : Racines, 16 différences significatives;
- Tableau 19 : Partie aérienne (F + T), 26 différences significatives;
- Tableau 20 : Plante entière, 23 différences significatives.

TABLEAU 19.

Différences de rendements entre traitements, exprimées en pour cent du poids sec moyen.

FEUILLES + TIGES.

Seuls les cas significatifs à 95 % ($p = 0,05$) sont repris ici.

		Traitement								
		N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	N K		+ 56	+ 83			+ 68	— 66		+ 43
	N Ca	— 56		+ 27	— 72	— 40		—122		
	N Mg	— 83	— 27		— 99	— 67		—149	— 50	— 40
	S K		+ 72	+ 99		+ 32	+ 84	— 50	+ 49	+ 59
	S Ca		+ 40	+ 67	— 32		+ 52	— 82		
	S Mg	— 68			— 84	— 52		—134	— 35	— 25
	P K	+ 66	+122	+149	+ 50	+ 82	+134		+ 99	+109
	P Ca			+ 50	— 49		+ 35	— 99		
	P Mg	— 43		+ 40	— 59		+ 25	—109		

Les feuilles répondent donc plus que les tiges, et celles-ci beaucoup plus que les racines, aux traitements expérimentaux. Enfin, à de rares exceptions près qui ne concernent que des résultats à la limite de la signification, les 16 différences relatives aux racines se retrouvent parmi les 23 relatives aux tiges et celles-ci parmi les 26 relatives aux feuilles. Cela montre que les feuilles, tiges et racines ne réagissent pas différemment aux traitements mais seulement avec plus ou moins de sensibilité.

On constate encore que le signe des différences ne varie jamais d'un tableau à l'autre, ce qui signifie que deux organes différents sont toujours influencés de même façon (en mieux ou en moins bien)

TABLEAU 20.

Différences de rendements entre traitements, exprimées en pour cent du poids sec moyen.

FEUILLES + TIGES + RACINES.

Seuls les cas significatifs à 95 % ($p = 0,05$) sont repris ici.

		Traitement								
		N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Traitement	N K		+ 50	+ 80			+ 68	- 64		+ 37
	N Ca	- 50			- 62	- 39		-114		
	N Mg	- 80			- 92	- 69		-144	- 50	- 43
	S K		+ 62	+ 92			+ 80	- 52	+ 42	+ 49
	S Ca		+ 39	+ 69			+ 57	- 75		
	S Mg	- 68			- 80	- 57		-132	- 38	
	P K	+ 64	+114	+144	+ 52	+ 75	+132		+ 94	+101
	P Ca			+ 50	- 42		+ 38	- 94		
	P Mg	- 37		+ 43	- 49			-101		

lorsque le traitement varie. On n'observe jamais, par exemple, dans aucun couple de traitements mis en comparaison, que les feuilles soient avantagées lorsque les racines sont défavorisées. Il en est de même pour les tiges. Les différences d'action des traitements sur différentes parties de la plante sont donc quantitativement variables (et encore dans de faibles limites), mais jamais de sens opposé. Cela implique que, d'une action favorable ou nocive sur n'importe quelle partie du végétal, on peut conclure à la même influence sur l'ensemble. Dans certains cas au moins, on peut donc se contenter d'observer une catégorie d'organes. Il ne nous est pas possible d'étendre, pour le Cacaoyer, cette remarque à la production des fruits, mais il est vraisemblable qu'il en est également ainsi pour ces organes.

Cette remarque est particulièrement valable quand on compare les tableaux 19 (partie aérienne : feuilles + tiges) et 20 (plante entière). Les 23 différences existant pour la plante entière se retrouvent parmi les 26 qui existent pour la partie aérienne seule. Cela est dû au fait que le poids de la plante entière est influencé par les racines, qui sont, comme nous l'avons vu, moins réactives aux effets des traitements. Cette moins grande réactivité des racines est d'ailleurs due, en ordre principal, aux causes d'erreur dans les pesées (sable adhérent) qui, en rendant celles-ci moins précises, diminuent la signification des différences.

Mais cette constatation est particulièrement importante, car la pesée des racines — et déjà leur simple récolte — présente des difficultés bien plus grandes que la pesée des feuilles et des tiges. La concordance des deux tableaux signifie qu'on peut, sans danger, se contenter de la pesée de la partie aérienne pour apprécier les effets des traitements.

Cette concordance est donc importante à discuter.

On l'observe effectivement par les manifestations suivantes :

1. Le nombre des différences significatives communes (23 sur 26).
2. Le parallélisme des deux groupes de chiffres (tableaux 19 et 20), non seulement par le signe, comme déjà signalé, mais encore par la valeur même des différences. Sur les 23 couples de valeurs existant en commun dans les deux tableaux, valeurs qui varient de 35 à 150, la corrélation est de

$$r = 0,991$$

$$\sigma_r = 0,029.$$

Il ressort de ces considérations qu'on peut indifféremment apprécier l'effet des traitements d'après leurs conséquences sur le rendement pondéral total ou sur celui de la partie aérienne de la plante seulement.

On conçoit l'intérêt de cette constatation quand on songe aux difficultés de la récolte complète des racines et aux causes d'erreurs qui interviennent dans leur pesée (fragments brisés restant dans le sol, sable adhérent, etc.).

Examinons, en conséquence, avec plus d'attention, le tableau 19 (différences de rendement pondéral sur partie aérienne de la plante, par couples de traitements).

Le traitement N Mg est caractérisé par des signes positifs dans toutes les cases de la colonne correspondante, sauf en regard du traitement S Mg.

C'est donc un traitement dont l'effet est supérieur à tous les autres, sauf S Mg. Cette supériorité est d'ailleurs considérable, puisqu'elle se traduit par des nombres élevés allant jusqu'à 150 % du

TABLEAU 21.
Classement des traitements d'après le rendement en poides.

		Traitement									
		NK	N Ca	N Mg	SK	S Ca	S Mg	PK	PCa	PMg	
Poids frais	F	7	3	1	8	6	2	9	5	4	
	T	6	3	1	8	7	2	9	4	5	
	F + T	7	3	1	8	6	2	9	5	4	
Poids sec	F	7	4	1	8	6	2	9	5	3	
	T	6	2	1	7	8	3	9	5	4	
	R	7	3	1	6	8	2	9	4	5	
	F + T	7	3	1	8	6	2	9	5	4	
	F + T + R	7	3	1	8	6	2	9	5	4	
Classement général		7	3	1	8	6	2	9	5	4	
Classement d'après l'état de santé		7	2'	1	8	2'	6	9	4	5	

N.B. — Les 2' sont ex-æquo.

poids moyen de toutes les plantes. La supériorité vis-à-vis du traitement N Ca est à la limite de la signification. Au reste, ce traitement N Ca est effectivement supérieur à quatre autres dans ses effets sur le rendement pondéral et c'est donc aussi un excellent traitement. Le traitement S Mg apparaît aussi comme excellent.

A l'autre extrémité de l'échelle des valeurs, nous rencontrons le traitement P K, déjà signalé, inférieur à tous les autres. Le traitement S K ne lui est pas supérieur de beaucoup, puisqu'il est, à son tour, inférieur à tous les autres, sauf le traitement P K lui-même.

Les autres traitements sont de valeur intermédiaire, puisqu'on trouve, dans les colonnes correspondantes, peu de cases occupées par des nombres et que ceux-ci sont tantôt positifs, tantôt négatifs.

Il est possible, sur cette base, d'établir entre les traitements un classement de valeur. Celui-ci peut être obtenu, pour les différentes parties de la plante, en se basant sur les tableaux 14 et 15. On obtient ainsi les résultats du tableau 21 auxquels nous ajoutons le classement d'après l'état de santé du tableau 13 (total).

Dans l'ensemble, ce tableau montre une remarquable uniformité dans les classements. Si quelques interversions existent, c'est entre traitements de qualités voisines, et elles sont dues aux effets de la variabilité. Si l'on considère plus particulièrement la partie aérienne de la plante, dont nous avons souligné l'intérêt, il est remarquable que le classement soit identique pour le rendement en poids frais et pour le rendement en poids sec. Cela confirme nos remarques au sujet de l'équivalence de ces deux mesures (p. 41). Il est à noter aussi que les différences de classement concernant les racines n'influencent pas le classement relatif au poids total. Cela s'explique par la faible intervention des racines dans le poids global.

Il est toutefois possible de considérer les organes séparément et si, dans ce cas, aucune différence importante n'apparaît davantage, il faut peut-être signaler le cas du traitement N Ca qui change de deux places dans le classement, suivant que l'on considère feuilles ou tiges. Il se peut donc effectivement que ce traitement influence plus défavorablement les feuilles que les tiges.

Notons enfin que le classement général (moyenne des classements divers) coïncide avec le classement pour la plante entière et, par conséquent, pour la partie aérienne.

En résumé, le classement permet de reconnaître des traitements de valeur nettement supérieure, d'autres nettement défavorables et enfin un certain nombre de traitements de valeur moyenne.

La comparaison des classements sur la base des données pondérales et d'après les indices de santé n'est pas sans intérêt (deux dernières lignes du tableau 21). En dépit de l'imprécision des critères de santé (voir p. 35), on constate que la meilleure place revient au même

traitement dans les deux classements. Il en est de même pour les mauvaises places : 7, 8 et 9. Si une certaine confusion existe pour les places intermédiaires, il ne faut pas oublier qu'elles correspondent à des traitements qui diffèrent peu entre eux. Encore voit-on les places 2 et 3, d'une part, 4 et 5, d'autre part, correspondre à un rang près dans les deux classements. Il ne reste donc qu'une confusion relativement importante (2-6 contre 6-2 pour les traitements S Ca et S Mg) et, à cette seule exception près, on peut conclure à une excellente concordance dans les classements, ce qui montre qu'il y a concordance entre le rendement le plus élevé et le meilleur signe de santé. Cela justifie d'appeler le traitement qui produit ces résultats un bon traitement, non seulement dans le sens de la production, mais encore dans un sens réellement physiologique.

Il apparaît enfin une intéressante constatation quand on considère le coefficient de variabilité (σ_m en pour cent de m). Pour ne pas surcharger l'exposé, nous nous contenterons d'envisager les valeurs relatives à la partie aérienne de la plante, en raison de leur intérêt maintenant établi.

Ces coefficients sont les suivants :

Traitement	Coefficient de variabilité relatif	
	au poids frais	au poids sec
N K	12,3	12,2
N Ca	8,6	9,5
N Mg	3,7	4,7
S K	11,4	12,1
S Ca	11,5	12,4
S Mg	4,0	5,1
P K	18,5	12,9
P Ca	12,1	12,2
P Mg	8,6	10,2

On voit que la variabilité diffère fortement d'un traitement à l'autre, ce qui pourrait être l'indice d'une hétérogénéité au départ. En réalité, il n'en est rien : ce coefficient de variabilité est directement fonction de la qualité du traitement appliqué. Pour s'en con-

vaincre, il suffit de ranger les traitements dans l'ordre de classement défini plus haut. On obtient le résultat suivant :

Numéro de classement	Symbole du traitement	Coefficient de variabilité relatif	
		au poids frais	au poids sec
1	N Mg	3,7	4,7
2	S Mg	4,0	5,1
3	N Ca	8,6	9,5
4	P Mg	8,6	10,2
5	P Ca	12,1	12,2
6	S Ca	11,5	12,4
7	N K	12,3	12,2
8	S K	11,4	12,1
9	P K	18,5	12,9

On constate que le coefficient est d'autant plus élevé que le traitement est moins favorable. Entre la valeur du traitement, mesurée par le rendement pondéral, et le coefficient de variabilité, existe effectivement un coefficient de corrélation élevé :

$$r = - 0,80 \text{ pour le poids sec;}$$

$$r = - 0,93 \text{ pour le poids frais.}$$

La signification physiologique de cette constatation est claire et intéressante. Lorsqu'une plante est soumise à un régime alimentaire défavorable, elle est très sensible aux multiples actions extérieures inconnues que nous réunissons sous le nom de hasard et dont l'effet se traduit par la variabilité. Lorsqu'elle reçoit, au contraire, un régime alimentaire favorable, elle résiste beaucoup mieux à ces multiples actions (c'est-à-dire est moins influencée par ces actions).

Cela nous montre que la notion de milieu favorable dépasse la simple signification de milieu déterminant un rendement pondéral élevé, car celui-ci coïncide avec un état physiologique qui rend la plante plus résistante, moins susceptible aux actions étrangères; bref, cet état mérite le nom d'état de santé favorable. L'importance générale d'un bon régime alimentaire est ainsi soulignée.

Enfin, on peut encore déduire de cette constatation que, si un lot de plantes dans des conditions apparemment uniformes (par exemple dans une plantation, sur une parcelle assez homogène) présente une grande variabilité, c'est que le milieu alimentaire est peu favorable et vraisemblablement susceptible d'amélioration. Si la variabilité est faible, le milieu est déjà assez bon et vraisemblablement moins susceptible d'amélioration. Cette dernière conclusion est évidemment fragile, mais son intérêt pratique est trop grand pour qu'on la néglige entièrement. Elle mérite au moins d'être soumise à vérification.

C. — ANALYSE DES EFFETS OBSERVÉS.

De la manière dont les effets sont exprimés par le rendement pondéral global, nous ne discernons qu'un effet d'ensemble de ces traitements. Mais les traitements diffèrent entre eux par les proportions des anions, des cations, et nécessairement aussi par la valeur de l'équilibre N-P-K. On peut se demander si les effets observés sont dus en particulier à certains éléments ou à l'existence de certains équilibres. Il est possible d'obtenir des renseignements sur ce point et d'analyser les effets observés en groupant les résultats de diverses manières.

On remarquera que chacun des éléments chimiques entrant dans la constitution des milieux nutritifs soumis à expérience s'y trouve à l'une ou l'autre de deux concentrations. Nous appellerons concentration dominante, celle qui correspond au cas où l'ion existe à raison de 60 % dans la formule, le cas inverse étant celui où il existe à raison de 20 %. Si nous faisons la moyenne de tous les traitements où l'azote se trouve à 60 % et la moyenne de tous les autres traitements, nous comparons l'effet de l'azote, dans le cas où il domine, à celui d'une formule où il ne domine pas. La différence entre ces deux valeurs, si elles sont exprimées en pour cent de la moyenne, nous donne une mesure de l'importance de l'effet de l'ion sur les rendements pondéraux. On a procédé de la sorte pour chacun des ions entrant dans la constitution du milieu nutritif, ce qui donne les valeurs figurant au tableau 22. Ce tableau fait apparaître les faits suivants : parmi les anions, l'azote exerce un effet favorable quand il domine, le soufre est sans grand effet et le phosphore exerce un effet défavorable quand il domine. En ce qui concerne les cations, le potassium exerce un effet très défavorable quand il domine, le calcium a un effet moins marqué mais légèrement favorable; le magnésium, enfin, exerce un effet nettement favorable quand il domine.

Telles seraient au moins les conclusions que nous pourrions retirer d'un tel tableau en analysant les données que nous possé-

dons suivant la manière classique, laquelle vise à mettre en évidence l'effet d'un corps isolé et définit l'effet de ce corps sur la croissance en le caractérisant comme favorable ou défavorable. En reprenant cette façon de faire, qui montre par ailleurs (dernière colonne du tableau 22) l'importance relative des ions au point de vue des effets qu'ils exercent, nous avons tenu à tirer ces conclusions afin de pouvoir les confronter avec celles de l'analyse complète par couples de comparaisons ou encore avec les analyses de variance qui vont suivre.

TABLEAU 22.

Effet des éléments (ou ions) en fonction de leur concentration.

Ion considéré	Rendement en % de la moyenne générale		Importance de l'ion ou différence des rendements
	quand l'ion domine	quand il ne domine pas	

A. — D'après le rendement en poids sec (F + T).

N O ₃	122	89	+ 33
S O ₄	98	101	— 3
P O ₄	79	110	— 31
K	49	126	— 77
Ca	111	95	+ 16
Mg	140	80	+ 60

B. — D'après le rendement en poids frais (F + T).

N O ₃	120	90	+ 30
S O ₄	101	99	+ 2
P O ₄	79	111	— 32
K	51	124	— 73
Ca	112	94	+ 18
Mg	137	82	+ 55

Dès à présent, par la simple comparaison du tableau de classement avec les résultats du tableau 22, on constatera que les traitements N Mg et S Mg, tous deux excellents et ne différant pas significativement entre eux, sont pourtant, l'un de la catégorie où l'azote domine, l'autre de la catégorie où l'azote ne domine pas. Ce cas suffirait déjà à démontrer qu'on ne peut se contenter de dire que le Cacaoyer réagit favorablement à une haute concentration en azote, puisqu'il peut réagir de façon tout aussi favorable à une faible concentration d'azote, lorsque d'autres éléments varient également de proportions.

La dominance du phosphore apparaît dans le tableau 22 comme particulièrement défavorable et l'importance de cet ion se manifeste par un chiffre élevé dans la troisième colonne du même tableau. Or, la solution P Mg, sans être la meilleure, est certainement une excellente solution et cependant le phosphore y domine. On peut considérer que, dans ce dernier cas, l'effet défavorable du phosphore à l'état de dominance est compensé par l'effet favorable encore plus marqué du magnésium à l'état de dominance. Mais cela reviendrait déjà à nier l'existence d'un effet spécifique et à montrer que les effets de substances peuvent se compenser les uns les autres et qu'il n'existe donc, en dernière analyse, que des interactions. Ce tableau fait donc apparaître, comme nous avons pu le montrer à propos du Palmier à huile, qu'il est dangereux de conclure à l'effet utile d'un élément isolé.

D. — EFFET DU RAPPORT N-P-K.

Nous réunissons dans le tableau 23 les résultats de l'expérience, en ce qui concerne les traitements N Ca-N Mg, S Ca-S Mg, P Ca-P Mg, chacun de ces couples étant caractérisé par un rapport N-P₂O₅-K₂O commun aux deux traitements qui le constituent.

On peut ainsi se rendre compte de la valeur de la différence de rendement qui existe éventuellement au sein de chaque couple de traitements. On remarquera que, dans le premier cas, en dépit de l'identité du rapport N-P₂O₅-K₂O, une forte présomption de différence existe; dans le second cas, en dépit d'une identité de même genre, la probabilité qu'une différence existe entre les deux rendements atteint 99 %, c'est-à-dire pratiquement la certitude expérimentale. Enfin, dans le troisième cas, cette probabilité est tellement basse, qu'on peut parler d'une forte présomption d'identité.

En conclusion, l'identité des rapports N-P₂O₅-K₂O, dans deux traitements soumis à comparaison, peut provoquer l'identité des rendements (c'est le cas dans la troisième comparaison), mais peut cependant permettre parfaitement l'existence d'une importante dif-

férence de rendement hautement significative. On ne saurait donc dire que la valeur du rapport $N-P_2O_5-K_2O$ caractérise d'une façon univoque une formule minérale dans son effet sur le développement de la plante. C'est là le cas particulier d'une règle générale dont l'un de nous a établi la démonstration dans un travail antérieur (1).

Il n'est peut-être pas sans importance de préciser notre opinion. Nous n'entendons pas dire que la valeur de l'équilibre $N-P_2O_5-K_2O$ soit sans effet, car il est naturel que le changement de toute condition du milieu minéral se reflète par des différences de rendement sur le comportement de la plante, nous avons simplement voulu montrer à cette occasion que le rapport $N-P_2O_5-K_2O$ ne suffit pas à *caractériser* un milieu minéral dans l'effet qu'il peut exercer sur le développement de la plante. On peut se demander si l'effet global d'un traitement ne peut pas être analysé davantage. Nous avons déjà vu que l'effet d'un élément isolé n'est pas le facteur caractéristique d'une formule minérale et que la valeur du rapport $N-P_2O_5-K_2O$ ne l'est pas davantage. La formule, d'après les variations qu'elle présente, produit cependant des effets différentiels. Si ce ne sont pas les concentrations des éléments isolés qui définissent l'effet global du traitement, ce doivent être les proportions existant entre les éléments. Parmi ces proportions, nous pouvons éliminer celles qui caractérisent le rapport $N-P_2O_5-K_2O$ comme étant insuffisantes à cette définition. Il nous faut donc trouver d'autres rapports qui soient plus importants dans leur effet sur le développement des plantes. Ainsi que M. HOMÈS l'a dit dans les principes généraux, au début de ce travail et en d'autres endroits, il semble plus logique d'admettre que les équilibres importants soient ceux qui existent au sein des groupements chimiques de même signe électrique, c'est-à-dire électro-positifs ou électro-négatifs. Parmi les six constituants aux proportions desquels nous nous sommes attachés, trois sont positifs et trois sont négatifs, c'est-à-dire constituent des cations ou des anions. Il est donc vraisemblable que les proportions existant entre les anions ou les cations exercent un effet important sur le développement de la plante et que c'est de la combinaison de ces deux équilibres que résulte l'effet global. Cette hypothèse peut être soumise à contrôle par l'analyse de la variance.

(1) M. HOMÈS, L'alimentation minérale des végétaux. *Bull. Soc. Roy. Bot. Belg.* Note 2, t. 84 : 101-122, décembre 1951.

TABLEAU 23.
Effet du rapport N-P-K sur la croissance mesurée par le poids frais (F + T).

Traitement	Valeur de l'équilibre			m	σ_m	D	σ_D	t	p	Conclusion
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O							
	N Ca	38	20								42	339	33	70	37	1,89	94	présomption de différence
N Mg	38	20	42	409	16					
S Ca	16	27	57	262	34	116	38	3,05	99	certitude de différence
S Mg	16	27	57	378	17					
P Ca	11	53	36	297	36	7	44	0,16	13	présomption d'identité
P Mg	11	53	36	304	26					

m = moyenne arithmétique;
 σ_m = déviation standard de la moyenne;
D = différence entre moyennes;
 σ_D = déviation standard de cette différence;
t = test de signification;
p = probabilité en faveur de l'existence d'une différence significative.

E. — EFFET DES ÉQUILIBRES ANIONIQUES ET CATIONIQUES.

Considérant la constitution totale des formules nutritives sous l'angle qui vient d'être exposé, nous pouvons donc considérer que l'effet global est susceptible de se décomposer en l'effet des anions, l'effet des cations et, éventuellement, en une interaction entre ces deux effets. Nous pouvons donc soumettre à l'analyse de variance l'effet global en le décomposant de la manière que nous venons de dire. Nous avons procédé à cette analyse pour le rendement exprimé en poids frais ou en poids sec pour la partie aérienne ainsi que pour le rendement total de la plante. Les résultats de cette analyse de variance sont donnés dans le tableau 24.

On observera que le test trouvé implique une très haute signification pour l'effet d'ensemble des traitements, tant en ce qui concerne la partie aérienne qu'en ce qui concerne la plante entière, aussi bien dans l'expression en poids frais que dans l'expression en poids sec. Il en est de même pour chacun des sous-traitements, et l'importance de l'action différentielle des variations dans les proportions cationiques apparaît tout particulièrement : le Cacaoyer réagit davantage à ces variations qu'à celles qui portent sur les anions.

Enfin, l'interaction entre ces deux groupes d'effets est, au contraire, beaucoup moins significative, c'est-à-dire que, dans une large mesure, ces deux actions (variations cationiques et variations anioniques) sont indépendantes l'une de l'autre, ou que l'interaction exerce beaucoup moins d'effet que chacune des actions séparément.

F. — REPRÉSENTATION GRAPHIQUE DES RÉSULTATS OBTENUS.

Les résultats obtenus peuvent se représenter suivant le système de diagramme prismatique défini dans l'étude relative au Palmier à huile. Rappelons qu'il s'agit de disposer les chiffres correspondant au rendement relatif en neuf points qui sont disposés par trois sur les arêtes d'un prisme triangulaire à l'intersection de trois plans. Les arêtes correspondent à la dominance de l'azote, du soufre ou du phosphore, les plans à la dominance du potassium, du calcium ou du magnésium. Respectant l'ordre choisi dans la représentation graphique adoptée pour le Palmier à huile, et nous contentant de représenter ici les diagrammes prismatiques en valeurs relatives, nous obtenons la figure 3 de la page 59.

Cette représentation graphique met en évidence que tous les résultats favorables sont groupés dans une même région du prisme. Cette constatation permet de guider éventuellement les recherches ultérieures destinées à préciser la composition optimum de la formule nutritive.

TABLEAU 24.
Analyse de variance de l'effet des traitements sur les rendements pondéraux.

Variance étudiée	Valeur du test trouvée pour			Valeur du test F des tables	
	poids frais de (F + T)	poids sec de (F + T)	poids sec de (F + T + R _t)	pour p = 0,05	pour p = 0,01
Effet de l'ensemble des traitements	23,7	23,1	20,9	2,05	2,74
Effet du sous-traitement « anionique »	15,8	14,9	14,3	3,11	4,88
Effet du sous-traitement « cationique »	71,3	70,9	61,9	3,11	4,88
Effet de l'interaction	3,84	3,27	3,65	2,48	3,56

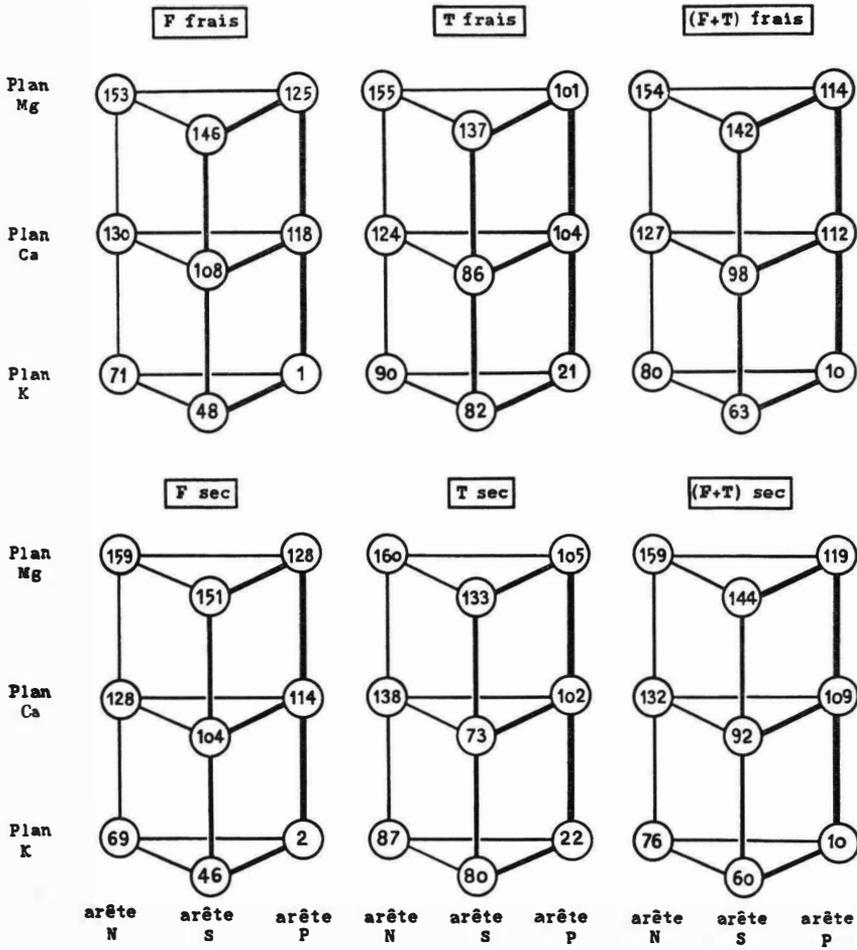


FIG. 3. — Effets des traitements caractérisés par l'anion et le cation dominant.

**G. — COMPARAISON DES EFFETS DES TRAITEMENTS
SUR LA CROISSANCE ET LE RENDEMENT.**

Nous possédons, dans les différents paragraphes qui viennent d'être exposés, des renseignements qui permettent de comparer entre eux les effets des traitements dans la mesure où ils affectent l'une ou l'autre mesure. Certains renseignements sont d'ordre phénologique, au sens où nous avons défini ce terme, d'autres portent uniquement sur les rendements pondéraux déterminables à l'arrêt de l'expérience. Il est intéressant de comparer ces différents effets entre eux afin de voir s'il n'est pas possible de réaliser des comparaisons valables entre traitements, sans interrompre l'expérience par le prélèvement des plantes et tout en obtenant des résultats qui soient une image de ceux qu'on obtiendrait par la pesée. On saisit l'intérêt de cette mesure qui permet de suivre une expérience prolongée sans lui donner l'extension suffisante à permettre des prélèvements échelonnés. Cela rendrait aussi possible, si les critères sont valables, de suivre, dans une expérience de culture proprement dite (en plantation de rapport), l'effet de certains traitements sans prélever des plantes, ce qui ne peut évidemment se faire dans un champ destiné à la production réelle. Tel est le but des comparaisons que nous entreprenons dans le présent paragraphe.

Afin de permettre cette comparaison, nous dresserons un tableau où l'effet des traitements est, pour chacune des mesures effectuées, exprimé en pour cent de la moyenne des sujets soumis à l'application d'une fumure. Cela signifie que nous excluons de la moyenne les plantes soumises au traitement T, comme nous l'avons fait déjà pour les tableaux 16 à 20.

L'effet du traitement T, lui-même, sera exprimé en pour cent de la même moyenne : ceci nous en donnera la valeur par rapport à tous les traitements où une fumure a été réellement appliquée. Nous avons procédé de la sorte pour les trois mesures phénologiques réellement quantitatives, c'est-à-dire la hauteur de la plante au-dessus du niveau du sol, la longueur du pivot radiculaire et le contour de la tige au niveau du sol ou, plus exactement, du collet. Ceci nous donne les trois premières lignes du tableau 25. Dans ce même tableau, nous répétons les mesures relatives au poids frais de la partie aérienne et au poids frais des tiges, pourcentages qui sont déjà donnés dans le tableau 15 et nous y ajoutons la valeur relative du traitement T. Nous avons donc, dans ces cinq premières lignes, des pourcentages traduisant les effets relatifs des traitements tels qu'ils peuvent effectivement être estimés par les deux catégories de mesures que nous avons définies, celles qui se font sur le vivant et celles qui exigent l'interruption de l'expérience.

A la lecture de ce tableau, on constate un certain parallélisme d'ensemble dans les mesures. Toutefois, il est facile de constater que la mesure du contour au collet est beaucoup moins variable que la mesure du poids frais (nous savons que la mesure du poids frais est entièrement parallèle à la mesure du poids sec; voir p. 48).

Ce parallélisme général est donc insuffisant à permettre de supputer le poids frais à partir de l'une quelconque des mesures phénologiques. En effet, les chiffres correspondants ne sont jamais proportionnels les uns aux autres d'une façon satisfaisante.

On peut se demander si, en combinant les mesures phénologiques, il n'est pas possible d'avoir une image plus approchée du développement réel de la plante tel qu'on peut le connaître par la mesure du poids frais. On peut raisonner de la façon suivante : Un poids est, en principe, proportionnel à un volume, pour autant que la densité de la matière ne varie pas fortement. On ne peut pas s'attendre à ce que la densité de la matière végétale varie d'une façon extrêmement appréciable, suivant les différents traitements, la matière restant essentiellement semblable à elle-même et l'aspect des plantes n'étant pas fortement modifié. On peut donc considérer que la mesure de poids est proportionnelle à une mesure de volume. D'autre part, une mesure de volume doit normalement être proportionnelle à la troisième puissance d'une mesure de dimension. Mais, si les dimensions ne sont pas toutes égales dans les différentes directions de l'espace, il est peu vraisemblable qu'une proportionnalité existe entre la mesure de poids, équivalente elle-même à une mesure de volume, et une mesure phénologique quelconque élevée à sa troisième puissance. On doit plutôt s'attendre à obtenir une meilleure concordance en combinant différentes mesures phénologiques. Puisqu'il s'agit de la partie aérienne de la plante, nous n'avons aucune raison de faire intervenir la mesure de longueur de pivot. Nous nous sommes proposé de voir dans quelle mesure la combinaison de la mensuration de hauteur, qui constitue une opération fort simple, avec la mesure du contour de la tige au collet, elle-même assez aisée à opérer, peut donner une image du poids que présente la plante. Il semble logique d'élever au carré la mesure du contour de la tige et de la multiplier par la mesure de hauteur, ce qui nous donne un produit correspondant à la troisième puissance d'une dimension simple. Le résultat de cette opération est porté dans la sixième ligne du même tableau (combinaison). Pour juger de l'intérêt d'une telle mesure, nous portons, dans le même tableau, aux lignes suivantes, le rapport entre la mesure du poids des tiges ou la mesure du poids de la partie aérienne totale et la combinaison de mesures phénologiques que nous proposons. On remarquera que les nombres exprimant le premier rapport (ligne 7) présentent des écarts moyens

TABLEAU 25.

Effets des traitements en pour cent de la moyenne générale pour chaque mesure.

	Traitement									Écart moyen	
	T	N K	N Ca.	N Mg	S K	S Ca.	S Mg	P K	P Ca.		P Mg
Hauteur.	47	97	117	122	95	99	112	52	99	108	—
Longueur du pivot	94	101	104	104	99	96	102	93	101	101	—
Contour du collet	69	96	106	116	93	97	119	64	105	103	—
Poids frais (T)	18	90	124	155	82	86	137	21	104	101	—
Poids frais (F + T)	17	80	127	154	63	98	142	10	112	114	—
(Contour) ² × hauteur (produit appelé combinaison)...	21	84	120	155	75	86	149	20	102	108	—
Poids frais (T)	0,86	1,07	1,03	1,00	1,09	1,00	0,92	1,05	1,02	0,94	5 %
Combinaison											
Poids frais (F + T)	0,81	0,95	1,06	0,99	0,84	1,14	0,95	0,50	1,10	1,06	14 %
Combinaison											

nettement supérieurs aux nombres exprimant le second rapport (ligne 8). Ces écarts sont respectivement de 14 % et de 5%. Il est donc certain que la combinaison proposée donne une meilleure image du poids frais des tiges que du poids frais total de la plante. Cela est, dans une certaine mesure, regrettable, le poids frais total étant évidemment, au point de vue physiologique, une mesure plus intéressante. On pourrait certainement songer à améliorer la combinaison proposée par d'autres mensurations qui permettraient de se rapprocher de l'appréciation de la mesure du poids total, mais la chose nous semble superflue, parce que, à exiger des mensurations trop compliquées, on perdrait une grande partie du bénéfice recherché. D'autre part, nous avons pu montrer précédemment (p. 48) que le classement des effets de traitements, selon le poids frais (T) ou le poids frais (F + T), est presque le même. Par conséquent, si l'on n'obtient pas, par l'utilisation de la combinaison proposée, une image très rigoureuse de ce que serait le poids de la plante, on obtient une bonne image du classement des traitements d'après leur effet sur le rendement total. C'est ce qui apparaît par la comparaison présentée au tableau 26, qui répète les classements des effets des traitements sur les poids frais, sur les mesures phénologiques qui nous intéressent et sur la combinaison des mesures phénologiques que nous proposons. On constatera que celle-ci donne une image exacte du classement des différents traitements les uns par rapport aux autres, en ce qui concerne la mesure du poids total de la plante. C'est bien là le but recherché, et la combinaison de mesures phénologiques très simple que nous proposons permet donc d'atteindre ce but sans interrompre la vie de la plante.

Rappelons d'ailleurs que les traitements ne diffèrent pas tous significativement entre eux et que le classement complet des traitements dépasse ce qu'on pourrait interpréter avec rigueur à la lumière des lois statistiques et qu'il est plus exact de dire, au point de vue du classement, que les traitements se répartissent en trois catégories : l'une comprend les meilleurs traitements, une deuxième comprend les traitements médiocres qui voisinent légèrement au-dessus ou au-dessous de la moyenne générale et une troisième comprend les traitements les plus mauvais; à ce point de vue, le classement général en catégories est exactement le même si l'on prend la combinaison que nous proposons, le poids frais de la tige, son poids sec ou le poids frais de la partie aérienne ou même le poids total de la plante. La valeur obtenue par la combinaison de mesures phénologiques proposées, *transformées en pourcentages de la moyenne générale* des plantes examinées, donne donc une image assez fidèle de la mesure de poids.

TABLEAU 26.

Classement des traitements selon leur valeur d'après diverses mesures.

Mesure	Traitement								
	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Poids frais (T) ...	6	3	1	8	7	2	9	4	5
Poids frais (F + T)	7	3	1	8	6	2	9	5	4
Hauteur	7	2	1	8	6	3	9	5	4
Contour au collet ...	7	3	2	8	6	1	9	4	5
Combinaison	7	3	1	8	6	2	9	5	4

N.B. — Dans ce classement on a, contrairement à ce qui était fait dans les tableaux similaires, tenu compte des décimales, *mais uniquement en cas d'ex-æquo*.

Notons que l'expérience sur le Cacaoyer met, en outre, en évidence un point qui augmente l'intérêt des remarques précédentes. Le traitement P K, en général le plus défavorable, nous donne, au moment où l'expérience a été arbitrairement interrompue, une image en quelque sorte erronée, parce que les plantes soumises à ce traitement sont, ou bien mortes, ou bien non intégralement en vie. En effet, leur poids de feuilles est absolument négligeable et l'on se rend compte que ce poids ne reste pas en proportion du poids des tiges, comme c'est le cas dans les autres traitements. D'autre part, la considération des courbes de croissance examinées dans le § II montre que la courbe de croissance relative au traitement P K a pratiquement atteint un palier, depuis plusieurs mois, au moment où l'expérience est interrompue, ce qui est bien la preuve que les plantes sont en voie de mourir. En effet, aussi longtemps que la plante est saine, elle présente au moins une croissance légère, comme le montre fort bien la courbe du traitement T, où, en dépit d'une alimentation mauvaise et très faible, la croissance continue à se manifester. Il en résulte que les mesures de poids opérées sur le traitement P K ne sont pas intégralement valables et l'on doit naturellement s'attendre à ce que les mesures phénologiques, suivant la combinaison proposée, soient de moins bonnes mesures du poids réel pour ces plantes-là que pour les autres. Il est aisé de voir qu'il en est bien ainsi à la colonne P K du tableau 25. Par contre, il eût

été possible de réaliser les mesures phénologiques et de calculer la combinaison proposée, bien avant que les plantes du traitement P K n'eussent commencé à dépérir. De tels nombres eussent été représentatifs du poids réel des plantes avant leur mort, donnée qui nous échappe par l'arrêt de l'expérience à un moment arbitrairement choisi. C'est là un intérêt complémentaire de l'utilisation des données phénologiques au calcul du poids approximatif de la plante.

L'amélioration de la combinaison la plus adéquate à représenter ce poids mérite donc de retenir l'attention des expérimentateurs.

IV. — SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DIVERS CONCERNANT L'EFFET DE CHAQUE TRAITEMENT.

Traitement T.

Ce traitement correspond à l'application d'une formule minérale inconnue dont on sait qu'elle est extrêmement pauvre, c'est-à-dire à une très faible quantité d'éléments minéraux dont l'équilibre est inconnu.

Cette formule a permis à la plante de vivre jusqu'à la fin de l'expérience et d'atteindre un développement total en poids représentant 19 % de la moyenne générale des plantes soumises aux traitements expérimentaux proprement dits. Au point de vue de la santé de la plante, l'effet de ce traitement se place approximativement l'avant-dernier par rapport à tous ceux qui ont été soumis à l'expérience, c'est-à-dire qu'il n'est pas le plus mauvais. Il est également l'avant-dernier dans la plupart des essais mesurés par les poids frais ou secs; il est, par contre, le dernier pour la mesure de hauteur. La signification de cette dernière remarque est à revoir à propos du traitement P K.

Traitement NK.

Ce traitement donne, au point de vue des rendements en poids, des résultats qui s'échelonnent aux environs de 80 % de la moyenne des plantes traitées. C'est donc plutôt un traitement médiocre. Il diffère significativement à ce point de vue du traitement P K, qui est le plus mauvais, mais diffère également de façon significative de la plupart des autres traitements. On peut donc le considérer comme un traitement assez peu intéressant pour qu'il ne soit pas nécessaire de poursuivre l'expérimentation dans ce sens. Au point de vue de l'effet sur la santé de la plante, il est également l'un des plus mauvais. Sur l'ensemble des dix traitements expérimentaux, il occupe la septième place dans le classement basé sur la combinaison phéno-

logique étudiée page 61. Nous constatons que, pour ce traitement, le mauvais effet est décelable très rapidement par l'apparence extérieure de la plante, en dimensions et par les signes de santé. Il y a d'ailleurs concordance entre la signification de ces symptômes et le développement de la plante, mesuré par son poids.

Traitement NCa.

Ce traitement donne, au point de vue des rendements en poids, environ 130 % de la moyenne de tous les traitements considérés. Il est donc certainement un bon traitement. Il ne diffère pas significativement du meilleur (le traitement N Mg) et pourrait donc, sans inconvénients, être appliqué indifféremment avec celui-ci pour des essais à grande échelle. Les signes de santé sont, sinon les meilleurs, tout au moins excellents et la dimension de la plante présente également une bonne place dans le classement : la deuxième place pour la hauteur, la troisième pour le contour au collet et la troisième aussi pour le symptôme constitué par la combinaison phénologique étudiée précédemment.

Traitement NMg.

Ce traitement est, par toutes les indications obtenues, le meilleur de tous ceux qui ont été soumis à l'expérience. Au point de vue du rendement pondéral, sa valeur est caractérisée par un nombre supérieur à 150 % de la moyenne globale.

Cet effet se manifeste sur le développement de tous les organes, tant aériens que souterrains, et sur les divers signes de santé. Le traitement N Mg occupe donc la première place dans tous les classements étudiés dans ce travail.

Traitement SK.

C'est le traitement le plus mauvais après le traitement P K. Le traitement S K, en effet, se caractérise, au point de vue des rendements pondéraux, par un chiffre voisin de 60 % de la moyenne générale. Ce chiffre est un peu plus élevé en ce qui concerne les racines, parce que, d'une façon générale, les racines sont moins sensibles aux variations de fumure minérale que la partie aérienne. Les signes de santé sont ici très mauvais et la place qui revient à ce traitement d'après la combinaison phénologique proposée est aussi l'avant-dernière.

Traitement SCa.

Il s'agit d'un traitement d'effet nettement moyen. Le rendement des plantes est ici de 90 à 100 % de la moyenne, suivant que la mesure

porte sur le poids frais ou sur le poids sec. Notons toutefois que, au point de vue des racines, c'est un traitement nettement plus défavorable que tous les autres, à l'exception du traitement P K. C'est également un assez mauvais traitement en ce qui concerne les tiges et, s'il occupe dans l'ensemble une position moyenne, c'est qu'il est légèrement supérieur à la moyenne pour la production des feuilles.

Traitement SMg.

Ce traitement est excellent. Il ne diffère guère dans ses effets des traitements N Ca et N Mg et leur ensemble constitue les traitements de première catégorie. Les signes favorables de ce traitement se manifestent sur les rendements par une valeur de l'ordre de 140 % de la moyenne, par une place moyenne au point de vue des signes de santé et par une place très favorable, la seconde, pour la combinaison phénologique.

C'est surtout au point de vue de la production des feuilles et des racines que ce traitement occupe une position favorisée. Ici, une relation simple paraît exister entre le développement des feuilles et le développement total de la plante.

Traitement PK.

C'est le traitement le plus défavorable. Les chiffres que nous possédons sur les rendements en feuilles n'ont certainement pas un grand sens, parce que la plupart des feuilles étaient déjà mortes à l'arrêt de l'expérience. Quoiqu'il en soit, le caractère défavorable de ce traitement apparaît très rapidement : d'après les mesures phénologiques, il est déjà le plus mauvais après six mois de culture.

L'effet défavorable du traitement P K se manifeste aussi bien sur les racines que sur les tiges. Il apparaît encore par les signes de santé, qui sont ici les plus mauvais de tous les traitements.

Traitement PCa.

C'est un traitement de bonne valeur moyenne. Les rendements en poids sont tous supérieurs à la moyenne, mais de fort peu. Il ne saurait être confondu avec les bons traitements dont il diffère significativement.

Au point de vue des signes de santé, les plantes soumises au traitement P Ca sont cependant parmi les bonnes plantes. C'est au développement des feuilles que l'effet de ce traitement doit d'être légèrement supérieur à la moyenne.

Traitement PMg.

C'est là un traitement excellent pour la production des feuilles et peut-être faut-il lier ce point à la présence du magnésium.

Ce traitement est, par contre, médiocre au point de vue de la formation des tiges et des racines; il reste un bon traitement moyen au point de vue du rendement global. Les signes de santé n'y sont pas mauvais, mais doivent être considérés comme moyens.

TROISIÈME PARTIE

Composition minérale du Cacaoyer en fonction du milieu nutritif

PAR

MARCEL V. HOMÈS (U.L.B.) et GERMAINE VAN SCHOOR (U.L.B.)

Cette partie comporte :

- I. — Exposé des données analytiques (p. 69).
- II. — Interprétation des données analytiques (p. 80).

I. — EXPOSÉ DES DONNÉES ANALYTIQUES.

Les analyses sur les plantes mises en expérience ont été réalisées de la manière suivante : le matériel expérimental a toujours été séparé en feuilles et tiges, aucune analyse n'a porté sur les racines, en raison de l'imprécision résultant des impuretés adhérentes aux racines. Le matériel expérimental, séché à 100°, a été broyé et tamisé au tamis 0-50 PB jusqu'à ce que la totalité du matériel y soit passée. La poudre ainsi obtenue a été incinérée à une température inférieure à 500°, les cendres reprises par l'acide chlorhydrique et, dans la solution ainsi obtenue, le dosage a été fait par les différentes méthodes exposées dans les « Comptes Rendus de Recherches de l'I.R.S.I.A. » (1).

(1) A. GILS, Méthodes rapides d'analyse minérale. *Comptes Rendus de Recherches, I.R.S.I.A.*, n° 3, 115-136, juin 1950, Bruxelles.

TABLEAU 27.
Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

FEUILLES.

Groupement chimique dosé	Traitement										
	T	NK	N Ca	N Mg	SK	SCa	SMg	PK	PCa	PMg	
Anions	N O ₃	172,6	169,7	162,9	167,4	174,3	154,3	161,1	200,0	162,9	162,9
	SO _{4/2}	11,3	13,7	12,0	13,0	12,3	13,4	14,3	10,3	11,2	12,5
	PO _{4/3}	26,9	24,3	24,2	23,2	26,9	25,3	24,2	33,3	27,4	25,9
	Total	210,8	207,7	199,1	203,6	213,5	193,0	199,6	243,6	201,5	201,3
Cations	K	80,0	112,8	78,0	73,9	118,0	77,0	79,0	189,8	66,7	71,8
	Ca/2	115,0	45,0	65,0	55,0	50,0	50,0	45,0	35,0	65,0	55,0
	Mg/2	16,7	20,0	40,0	45,0	15,0	36,7	35,0	14,2	34,3	34,3
	Total	211,7	177,8	183,0	173,9	183,0	163,7	159,0	239,0	166,0	161,1
Total anions et cations		422,5	385,5	382,1	377,5	396,5	356,7	358,6	482,6	367,5	362,4
Total sans N		249,9	215,8	219,2	210,1	222,2	202,4	197,5	282,6	201,6	199,5

TABLEAU 28.

Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	N O ₃	77,1	71,4	70,3	96,0	66,3	68,6	120,0	73,1	68,6
	SO ₄ / ₂	6,9	6,2	7,0	8,7	9,0	7,5	12,1	10,0	7,4
	P O ₄ / ₃	14,5	13,6	12,6	25,0	16,2	14,9	32,8	20,6	16,2
	Total	98,5	91,2	89,9	129,7	91,5	91,0	164,9	103,7	92,2
Cations	K	67,9	62,1	67,2	97,4	67,9	71,3	95,6	70,8	71,8
	Ca/2	82,5	43,0	29,5	40,5	41,8	27,0	81,5	46,0	33,5
	Mg/3	6,7	31,2	37,1	30,8	32,1	35,0	25,4	35,0	33,3
	Total	157,1	137,2	133,8	168,7	141,8	133,3	202,5	151,8	138,6
Total anions et cations	255,6	279,8	228,4	223,7	298,4	233,3	224,3	367,4	255,5	230,8
Total sans N	178,5	192,4	157,0	153,4	202,4	167,0	155,7	247,4	182,4	162,2

TABLEAU 29.
Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

FEUILLES + TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	N O ₃	129,4	123,9	127,6	131,4	125,5	126,2	130,3	128,5	128,9
	S O _{4/2}	9,3	9,5	10,5	10,3	12,0	11,7	11,9	10,7	10,7
	P O _{4/3}	21,2	19,7	18,9	25,9	22,3	20,7	32,9	24,8	22,4
	Total	159,9	153,1	157,0	167,6	159,8	158,6	175,1	164,0	162,0
Cations	K	74,5	71,2	71,2	106,7	74,0	76,1	107,7	68,3	71,8
	Ca ₂	100,3	55,6	44,6	44,8	47,3	38,2	75,6	57,7	47,3
	Mg ₂	12,2	36,6	41,7	23,7	35,2	35,0	24,0	34,6	33,9
	Total	187,0	163,4	157,5	175,2	156,5	149,3	207,3	160,6	153,0
Total anions et cations		346,9	316,5	314,5	342,8	316,3	307,9	382,4	324,6	315,0
Total sans N		217,5	205,0	186,9	211,4	190,8	181,7	252,1	196,1	186,1

TABLEAU 30.

Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière fraîche.

FEUILLES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	NO ₃	45,0	43,7	47,5	46,2	40,5	45,7	90,0	42,9	45,8
	SO ₄ / ₂	3,0	3,2	3,7	3,3	3,5	4,1	4,6	3,0	3,5
	PO ₄ / ₃	7,1	6,4	6,6	7,1	6,6	6,9	15,0	7,2	7,3
	Total	55,4	53,4	57,8	56,6	50,6	56,7	109,6	53,1	56,6
Cations	K	21,0	20,9	21,0	31,3	20,2	22,4	85,4	17,6	20,2
	Ca/ ₂	30,2	17,4	15,6	13,3	13,1	12,8	15,8	17,1	15,4
	Mg/ ₂	4,4	10,7	12,8	4,0	9,6	9,9	6,4	9,0	9,6
	Total	55,6	49,0	49,4	48,6	42,9	45,1	107,6	43,7	45,2
Total anions et cations	111,0	102,4	107,2	105,2	93,5	101,8	217,2	96,8	101,8	
Total sans N	65,7	57,1	58,7	59,7	59,0	53,0	56,1	127,2	53,9	56,0

TABEAU 31.
Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière fraîche.

TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	N O ₃	19,1	18,4	16,7	21,8	13,1	15,4	29,3	16,7	16,4
	S O _{4/2}	1,7	1,6	1,7	2,0	1,8	1,7	3,0	2,3	1,8
	P O _{4/3}	3,6	3,5	3,0	5,7	3,2	3,3	8,0	4,7	3,9
	Total	24,4	23,5	21,4	29,5	18,1	20,4	40,3	23,7	22,1
Cations	K	16,8	16,0	15,9	22,1	13,4	16,0	23,3	16,2	17,2
	Ca _{1/2}	20,4	11,1	7,0	9,2	8,2	6,1	19,9	10,5	8,0
	Mg _{1/2}	1,7	8,3	8,8	7,0	6,3	7,9	6,2	8,0	8,0
	Total	38,9	35,4	31,7	38,3	27,9	30,0	49,4	34,7	33,2
Total anions et cations	63,3	61,8	58,9	67,8	46,0	50,4	89,7	58,4	55,3	
Total sans N	44,2	42,5	40,5	46,0	32,9	35,0	60,4	41,7	38,9	

TABLEAU 32.

Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière fraîche.

FEUILLES + TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement										
	T	NK	NCa	NMg	SK	SCa	SMg	PK	PCa	PMg	
Anions	NO ₃	33,1	31,9	32,6	33,5	31,9	29,7	32,5	33,8	32,0	34,1
	SO _{4/2}	2,4	2,7	2,5	2,8	2,5	2,8	3,0	3,1	2,7	2,8
	PO _{4/3}	5,4	5,4	5,2	5,0	6,3	5,3	5,3	8,5	6,2	5,9
	Total	40,9	40,0	40,3	41,3	40,7	37,8	40,8	45,4	40,9	42,8
Cations	K	19,0	24,9	18,8	18,7	25,9	17,5	19,6	27,9	17,0	19,0
	Ca _{1/2}	25,6	10,7	14,6	11,7	10,9	11,2	9,9	19,6	14,4	12,5
	Mg _{1/2}	3,1	6,1	9,6	11,0	5,7	8,3	9,0	6,2	8,6	9,0
	Total	47,7	41,7	43,0	41,4	42,5	37,0	38,5	53,7	40,0	40,5
Total anions et cations	88,6	81,7	83,3	82,7	83,2	74,8	79,3	99,1	80,9	83,3	
Total sans N	55,5	49,8	50,7	49,2	51,3	45,1	46,8	65,3	48,9	49,2	

TABLEAU 33.
Teneurs en oxydes et anhydrides en mg sur 100 g de matière sèche.

FEUILLES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
S O ₃	452,0	548,0	480,0	520,0	492,0	536,0	572,0	412,0	448,0	500,0
P ₂ O ₅	637,5	575,0	573,5	549,8	637,5	599,6	573,5	789,2	649,4	613,8
K ₂ O	3.760,0	5.301,6	3.666,0	3.473,3	5.546,0	3.619,0	3.713,0	8.920,6	3.134,9	3.374,6
Ca O	3.220,0	1.260,0	1.820,0	1.540,0	1.400,0	1.400,0	1.260,0	980,0	1.820,0	1.540,0
Mg O	334,0	400,0	800,0	900,0	300,0	734,0	700,0	284,0	686,0	686,0
Total	8.403,5	8.084,6	7.339,5	6.983,1	8.375,5	6.888,6	6.818,5	11.385,8	6.738,3	6.714,4

TABLEAU 34.

Teneurs en oxydes et anhydrides en mg sur 100 g de matière sèche.

TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
S O ₃	276,0	312,0	248,0	280,0	348,0	360,0	300,0	484,0	400,0	696,0
P ₂ O ₅	343,7	464,5	322,3	298,6	592,5	383,9	353,1	777,4	488,2	383,9
K ₂ O	3.191,3	4.253,5	2.918,7	3.158,4	4.577,8	3.191,3	3.351,1	4.493,2	3.327,6	3.374,6
Ca O	2.310,0	1.212,4	1.204,0	826,0	1.134,0	1.170,4	756,0	2.282,0	1.288,0	938,0
Mg O	134,0	624,0	642,0	742,0	616,0	642,0	700,0	508,0	700,0	666,0
Total	6.255,0	6.866,4	5.335,0	5.305,0	7.268,3	5.747,6	5.460,2	8.544,6	6.203,8	6.058,5

TABLEAU 35.

Teneurs en oxydes et anhydrides en mg sur 100 g de matière sèche.

FEUILLES + TIGES.

Groupement chimique dosé	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
SO ₃	372,0	440,0	380,0	420,0	412,0	480,0	468,0	476,0	428,0	428,0
P ₂ O ₅	502,4	523,8	466,9	447,9	613,8	528,5	490,6	779,7	587,8	530,9
K ₂ O	3.501,5	4.817,5	3.346,4	3.346,4	5.014,9	3.478,0	3.576,7	5.061,9	3.210,1	3.374,6
CaO	2.808,4	1.237,6	1.556,8	1.248,8	1.254,4	1.324,4	1.069,6	2.116,8	1.615,6	1.324,4
MgO	244,0	504,0	732,0	834,0	474,0	704,0	700,0	480,0	692,0	678,0
Total	7.428,3	7.522,9	6.482,1	6.297,1	7.769,1	6.514,9	6.304,9	8.914,4	6.533,5	6.335,9

Des parties aliquotes de chacune des plantes ont été mélangées pour former un même échantillon; cet échantillon a été subdivisé en deux fractions traitées individuellement, chacune encore en double, et les dosages ont, dans tous les cas, donné des résultats suffisamment concordants. Le dosage de l'azote a été réalisé sur la poudre végétale minéralisée par la méthode de LINDNER. L'azote est, dans ce cas, dosé sous forme ammoniacale et représente l'azote total de la plante.

Dans le but d'établir les relations physiologiques qui nous intéressent, les teneurs sont, en principe, toujours exprimées en milliéquivalents des substances dosées pour 100 g de matière sèche et il est entendu que les milliéquivalents sont les groupements suivants :



Pour les éléments faisant partie du groupe que nous appelons « anionique » (voir première partie), et notamment pour l'azote, cette notation n'implique pas que l'élément en question se trouve effectivement dans la plante comme constituant du groupement NO_3 . *Tout l'azote de la plante est exprimé conventionnellement sous cette forme*, par analogie avec l'expression relative au milieu alimentaire. Cela est certainement arbitraire, mais sans conséquence, puisqu'il n'est pas tiré de conclusion reposant sur le caractère « anionique » de l'élément N. Ce n'est d'ailleurs pas plus arbitraire ni conventionnel que de l'exprimer en grammes d'azote élémentaire (lequel n'existe pas davantage dans la plante) ou d'exprimer le phosphore en grammes de P_2O_5 (qui n'y existe pas plus). Notons que cette dernière expression (P_2O_5 pour le phosphore, SO_3 pour le soufre) n'a de sens que parce que les anhydrides sont les parties importantes des acides. Il n'est donc pas plus mauvais de reprendre ce même sens sur une base meilleure, car les ions sont, plus exactement que les anhydrides, les constituants essentiels d'une molécule acide. Si on peut le faire pour le phosphore et le soufre, qui existent dans la plante sous bien d'autres formes que phosphates ou sulfates, il n'est pas plus condamnable de le faire pour l'azote.

Les autres substances minérales n'ont pas été dosées.

Dans le but de permettre la comparaison de nos données avec les modes d'expression les plus courants, nous avons établi les tableaux 33, 34 et 35, où elles figurent sous forme d'oxydes ou d'anhydrides. Les teneurs y sont exprimées en milligrammes pour 100 g de matière sèche uniquement, afin de ne pas surcharger l'exposé.

Enfin, lorsque nous parlons de composition ramenée à 100 g de feuilles plus tiges, il s'entend que les proportions relatives de feuilles

et de tiges sont prises dans le rapport qu'elles présentent à la récolte pour le traitement considéré. Autrement dit, les chiffres figurant dans ces tableaux (tableaux 33, 34 et 35) représentent les teneurs qu'on obtiendrait en broyant la totalité du matériel végétal provenant d'un traitement en une seule poudre homogène et en réalisant le dosage sur cette poudre-là.

Les données analytiques sont réunies dans les tableaux 27 à 32. D'une façon approchée, les données sont valables à 5 % près.

II. — INTERPRÉTATION DES DONNÉES ANALYTIQUES.

A. — REMARQUE GÉNÉRALE.

Bien que des différences apparaissent évidemment entre les teneurs relatives à un même élément dans les différents traitements, il est visible que les teneurs en azote, en soufre et en phosphore sont peu variables dans tous les traitements, à l'exception du traitement P K. Ceci est surtout vrai en ce qui concerne les feuilles (tableau 27); il faut toutefois noter que les plantes soumises au traitement P K, au moment où l'expérience a été arrêtée, étaient partiellement mortes et que l'état des feuilles, extrêmement séchées, ne traduisait pas correctement l'influence du traitement, car on ne peut comparer entre elles des feuilles vivantes et des feuilles mortes. En ce qui concerne les teneurs, on doit donc exclure ce traitement et, cela fait, les teneurs en azote, soufre et phosphore sont relativement peu variables.

Bien que, dans les tiges, les teneurs en azote, soufre et phosphore soient visiblement plus variables que dans les feuilles, point qui sera considéré en détail plus loin, le traitement P K apparaît encore là comme totalement aberrant. La teneur en azote, en effet, n'est pas loin d'y être égale au double de la teneur moyenne. Ces constatations se reflètent naturellement dans les teneurs en total d'anions. Si nous étendons ces remarques aux cations, nous constaterons qu'en dépit d'une diversité beaucoup plus grande, les teneurs globales en cations sont également beaucoup plus hautes dans ce traitement que dans tous les autres, tant dans les feuilles que dans les tiges. Il semble donc, d'une façon générale, que les plantes soumises au traitement P K soient caractérisées par une minéralisation très poussée. Ceci est encore vrai si l'on considère le chiffre correspondant au total de toutes les substances présentes moins l'azote, car cet élément se trouve, d'une façon dominante, dans des composés organiques. On

peut donc conclure que la minéralisation est due au ralentissement de la croissance en raison d'un déséquilibre minéral dans le milieu nutritif. La concentration des sels à partir du courant de sève ascendante se poursuit sans qu'il y ait une élaboration correspondante, et ainsi s'explique la haute teneur en matière minérale. On peut aussi conclure qu'une partie importante de l'azote de la plante se trouve, dans ce cas, sous forme minérale non transformée et, bien que nous n'ayons pas dosé l'azote protéique dans le matériel expérimental, il nous paraît suffisamment clair que la haute teneur en azote dans les plantes soumises au traitement P K est due à cette minéralisation et non à la richesse en protéines.

En conséquence, si l'on désire comparer un traitement à une moyenne expérimentale, il est prudent d'éliminer de cette moyenne les plantes du traitement P K, en raison des données très aberrantes que l'analyse y montre. Il est, d'autre part, prudent d'éliminer aussi le traitement T pour la raison que, dans ce dernier, on ne connaît guère la constitution précise du milieu.

Dans les paragraphes qui suivent, la moyenne de référence est donc établie entre tous les traitements expérimentaux réunis, à l'exception des traitements T et P K.

Signalons encore que les chiffres correspondant à la teneur totale en oxydes et anhydrides sont toujours inférieurs aux teneurs en cendres telles qu'elles sont révélées directement par l'analyse. Cela est dû, pour une part, à ce que certains éléments n'ont pas été dosés, mais cette part est faible, car les éléments non dosés n'étaient présents dans le milieu nutritif qu'à des concentrations très basses et ne peuvent guère avoir influencé la minéralisation globale. La cause principale de cette différence réside en ce que dans la technique d'incinération — et ceci est conforme aux conseils des spécialistes en la matière — la température est très basse (450° C). Une dose relativement importante et variable de carbone reste donc présente, chose qui est sans gravité dans l'analyse ultérieure, mais qui se traduit, pour les cendres, par un chiffre supérieur à la somme des oxydes et des anhydrides. On peut voir là une preuve du danger qu'il y a d'utiliser la teneur en cendres comme donnée susceptible d'interprétation physiologique. Remarquons, en effet, que si nous avions utilisé une température d'incinération plus haute, ce qui aurait compromis les analyses chimiques, ainsi que les spécialistes s'accordent à le reconnaître, nous eussions obtenu des chiffres trop bas par suite de la perte par volatilité de certains constituants des cendres aux températures d'incinération.

En considérant donc que la somme des oxydes et des anhydrides donne une image plus proche de la réalité pour le degré de minéralisation d'un tissu végétal, nous constaterons que les feuilles du

Cacaoyer ont une minéralisation exprimée par un nombre variant de 7 à 9 % sur matière sèche. Sur les tiges ces nombres varient de 5 à 7 % environ.

Les mêmes valeurs exprimées en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche donnent de 200 à 220 sur feuilles et de 160 à 190 sur tiges (tableaux 27 et 28, total sans N).

Si l'on tient compte des plantes soumises au traitement T, qui n'étaient certainement pas mortes en fin d'expérience, et des plantes soumises au traitement P K, dont la minéralisation est anormale sans être nécessairement conditionnée par la mort des sujets, il faut admettre que, dans les conditions extrêmes, la teneur en oxydes et anhydrides peut atteindre la valeur de 11 % sur feuilles et 8,5 % sur tiges. La teneur en milliéquivalents pourrait atteindre 280 pour 100 g de matière sèche sur feuilles et 250 sur tiges. La variabilité est donc de ± 35 % pour les cendres et l'on ne peut pas songer à définir le Cacaoyer par sa teneur en cendres, même si cette teneur est calculée à partir des analyses chimiques plutôt qu'à partir des données directes de l'incinération.

B. — PROPORTIONS RELATIVES DES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS CHIMIQUES DE LA PLANTE.

A partir des données directes de l'analyse, nous pouvons calculer les proportions relatives des différents constituants minéraux dans les tiges ou dans les feuilles et nous obtenons de la sorte les tableaux 36, 37 et 38, dans lesquels l'expression « anions » ou « cations » s'entend comme il a été défini plus haut.

TABLEAU 36.

Rapports entre anions ou cations en pour cent de leur total respectif.

FEUILLES.

Traitement		T	N K	N Ca	N Mg	SK	SCa	SMg	PK	PCa	PMg
Anions	N O ₃	82	81	82	83	81	80	81	82	80	81
	S O _{4/2}	5	7	6	6	6	7	7	4	6	6
	P O _{4/3}	13	12	12	11	13	13	12	14	14	13
Cations	K	38	64	42	42	65	47	50	79	40	45
	Ca ₂	54	25	36	32	27	31	28	15	39	34
	Mg ₂	8	11	22	26	8	22	22	6	21	21

TABLEAU 37.

Rapports entre anions ou cations en pour cent de leur total respectif.

TIGES.

Traitements		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	N O ₃	78	76	78	78	74	72	76	73	70	74
	S O ₄ / ₂	7	7	7	8	7	10	8	7	10	8
	P O ₄ / ₃	15	17	15	14	19	18	16	20	20	18
Cations	K	43	55	46	50	58	47	54	47	47	52
	Ca/ ₂	53	26	31	22	24	30	20	40	30	24
	Mg/ ₂	4	19	23	28	18	23	26	13	23	24

TABLEAU 38.

Rapports entre anions ou cations en pour cent de leur total respectif.

FEUILLES + TIGES.

Traitement		T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
Anions	N O ₃	81	80	81	81	78	78	80	74	78	79
	S O ₄ / ₂	6	7	6	7	6	8	7	7	7	7
	P O ₄ / ₃	13	13	13	12	16	14	13	19	15	14
Cations	K	40	59	44	45	60	47	51	52	42	47
	Ca/ ₂	53	26	34	28	26	30	26	36	36	31
	Mg/ ₂	7	15	22	27	14	23	23	12	22	22

Le tableau 36 met en évidence la très grande constance des proportions relatives d'azote, de soufre et de phosphore dans les feuilles et la variabilité plus grande des rapports cationiques suivant les traitements appliqués aux plantes. Il semble donc que les proportions relatives des « anions » dans les feuilles, plus encore que leur

concentration individuelle, caractérisent l'espèce, indépendamment de la constitution du milieu extérieur. Par contre, celui-ci agit beaucoup plus sur les proportions relatives des « cations » et l'on peut s'attendre, en conséquence, à ce que la constitution « cationique » de la plante révèle la valeur et la qualité du milieu alimentaire extérieur.

Enfin, si nous exprimons le total des anions par rapport au total des cations, toujours en équivalents chimiques, nous obtenons le tableau 39. On y voit que tous les nombres relatifs aux feuilles sont supérieurs à l'unité, que tous ceux relatifs aux tiges sont inférieurs à l'unité et que ceux qui se rapportent à l'ensemble (tiges + feuilles) sont extrêmement voisins de l'unité. Bien que cette constatation ne puisse pas s'exprimer d'une façon claire et simple sous forme de loi physique, c'est-à-dire qu'il ne résulte pas de ces chiffres que le pH des tiges soit différent de celui des feuilles, elle n'en est pas moins surprenante dans sa constance. Le fait que, dans cet ensemble (tiges + feuilles), on trouve des quantités d'anions et de cations pratiquement équivalentes révèle un phénomène encore imprécis mais qui doit certainement avoir une signification qu'il serait utile d'approfondir.

TABLEAU 39.

Rapports entre les totaux d'anions et les totaux de cations.

Partie de la plante	Traitement									
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg
F	1,00	1,17	1,09	1,17	1,17	1,18	1,26	1,02	1,21	1,25
T	0,63	0,70	0,66	0,67	0,77	0,65	0,68	0,81	0,68	0,67
(F+T)	0,86	0,96	0,94	1,00	0,96	1,02	1,06	0,85	1,02	1,06

C. — ÉTUDE DE LA VARIABILITÉ.

Nous examinerons, sous ce titre, la façon dont les données moyennes obtenues dans chaque traitement varient en raison du traitement, par rapport à la moyenne globale de tous les sujets mis en expérience (traitements T et P K mis à part). Cette étude de la variabilité met en évidence la mesure dans laquelle une donnée est influençable par les traitements expérimentaux, indépendamment de la variabilité individuelle qui, elle, affecterait chacune des données moyennes qui sont étudiées ici.

TABLEAU 40.
Étude de la variabilité.

Groupement chimique dosé		Feuilles			Tiges			
		moyenne	écart moyen en %	écart extrême en %	moyenne	écart moyen en %	écart extrême en %	
sur 100 g de matière sèche	Anions	N O ₃	164,4	2,7	12,2	75,2	11,0	39,5
		S O _{4/2}	12,8	6,3	24,2	8,0	12,3	47,5
		P O _{4/3}	25,2	4,8	16,7	17,3	19,0	71,7
		Total	202,4	2,2	10,1	100,5	11,6	39,6
	Cations	K	84,7	18,2	60,6	74,9	12,8	47,1
		Ca ₂	53,8	11,7	37,2	38,1	15,9	49,9
		Mg ₂	32,5	23,1	92,3	33,3	5,3	18,9
		Total	170,9	5,0	14,0	146,3	8,0	24,2
	Total des anions et cations		373,3	3,2	10,7	246,8	9,5	30,3
	Total des oxydes et anhydrides		7.242,8	7,2	22,9	6.030,6	9,4	32,6
100 S/F		27,16	3,1	9,6	22,90	5,2	26,3	

N.B. — Ces moyennes représentent des milliéquivalents, sauf en ce qui concerne le total des oxydes et anhydrides, où il s'agit de mg, et pour la ligne 100 S/F, où il s'agit de g de matière sèche pour 100 g de matière fraîche.

Le tableau 40 résume les résultats intéressants à ce point de vue. Nous y trouvons la teneur moyenne en chacun des éléments étudiés dans les feuilles et dans les tiges, ainsi que la valeur de l'écart moyen en pour cent de cette moyenne, écart provoqué par l'effet des traitements. Enfin, dans la troisième colonne, sont portés les écarts extrêmes entre les résultats les plus divergents.

On observera que le coefficient de variabilité ainsi calculé est plus grand dans les tiges que dans les feuilles en ce qui concerne chacun des anions et que la situation est inverse pour les cations (sauf pour Ca). La chose est encore plus apparente pour les écarts extrêmes. On

peut conclure de ces constatations que les traitements affectent surtout la composition anionique dans les tiges et la composition cationique dans les feuilles.

La composition anionique donnera donc l'image d'une constante spécifique principalement dans les feuilles. Par contre, si l'on veut déceler par l'analyse chimique l'effet d'un traitement en comparant les données analytiques à des normes préalablement établies, c'est surtout dans l'analyse cationique des feuilles ou dans l'analyse anionique des tiges que l'on peut espérer trouver une réponse.

Enfin, il convient de signaler que de telles différences n'existent pas pour le total des anions, celui des cations, ou leur total général. Pour ces grandeurs, la variabilité est toujours plus grande dans les tiges que dans les feuilles.

En d'autres termes, les fortes variabilités que l'on observe dans les feuilles pour les divers cations se compensent les unes les autres, tandis que les mêmes variabilités dans les tiges ne se compensent pas d'une façon aussi parfaite.

En résumé, dans les feuilles, existent des constantes dont la principale est la teneur totale en anions, variable seulement à 2 % près, en moyenne, en dépit des différences du milieu. Vient ensuite la teneur totale en cations, variable à 5 % près en moyenne. Par contre, c'est dans la feuille que la composition cationique (proportions des cations ou teneurs individuelles) atteint sa plus grande diversité sous l'effet des traitements.

D. — DISCUSSION DES DONNÉES EN FONCTION DE LA COMPOSITION DU MILIEU NUTRITIF.

Pour mettre en évidence ces effets, nous avons réuni dans les tableaux 41, 42, 43 et 44 les données analytiques traitées de différentes manières.

Les traitements ont été groupés d'après la dominance (60 % du total) d'un anion ou d'un cation, ce qui s'accompagne nécessairement de la présence des autres anions ou cations dans la proportion de 20 % du total. Cela revient à dire que les teneurs dans la plante sont calculées pour les deux niveaux de concentrations que peuvent présenter les différents ions dans le milieu nutritif. Pour obtenir ces résultats, on établit donc, par exemple, la moyenne des analyses de toutes les plantes soumises à un traitement caractérisé par une dominance. Chacune de ces moyennes porte sur trois séries expérimentales. Les séries sont donc successivement groupées trois par trois, de toutes les façons possibles, pour fournir les données des six colonnes de chaque tableau.

Exemple.

Le nombre 166,7 figurant en tête de la première colonne du tableau 41 a été obtenu par le calcul suivant : le tableau 27 de la page 70, concernant également les feuilles, contient dans les colonnes marquées N K, N Ca et N Mg les données relatives aux traitements où l'ion NO_3 domine parmi les anions.

Les teneurs en azote y sont respectivement 169,7, 162,9 et 167,4. La moyenne de ces trois nombres, 166,66 ou 166,7, est reprise au tableau 41.

De même, au tableau 41 figure la donnée 25,6 dans les traitements à dominance Ca, pour la teneur en équivalents phosphoriques. Ce nombre est obtenu comme suit : les données du tableau 27 dans les colonnes N Ca, S Ca, P Ca dans la ligne marquée P sont respectivement les valeurs 24,2; 25,3; 27,4, dont la moyenne est bien 25,63 ou 25,6.

Les calculs sont faits séparément pour les feuilles et les tiges où nous avons vu que les teneurs en anions ou cations répondent inégalement aux traitements appliqués. Le traitement P K n'est jamais pris en considération (voir p. 80).

1. Teneurs proprement dites (tableaux 41 et 42).

a) TENEURS EN ANIONS.

Comme il a déjà été signalé, c'est dans les tiges que ces teneurs varient le plus. On se référera donc surtout au tableau 42, sauf si le cas des feuilles est explicitement mentionné.

Total des anions : Chose remarquable, il varie plus sous l'effet des variantes cationiques des traitements (trois dernières colonnes) que sous l'effet des variantes anioniques. Donc, cet aspect de la composition végétale, déjà peu variable par lui-même, est moins susceptible à ses propres variations dans le milieu extérieur qu'à celles des bases.

Cela confirme la constance de la composition interne anionique et l'importance de la composition externe cationique, qui paraît seule susceptible d'influencer de façon appréciable ce caractère assez fixe du végétal.

Les plantes les plus riches en « anions » doivent ce fait principalement à l'azote et au phosphore, le soufre étant très peu variable. Comme les plantes pauvres en « anions » peuvent être très productives en matière sèche, c'est que les plantes pauvres en « anions » sont riches en hydrates de carbone et les plantes riches en « anions », riches en protéines.

TABLEAU 41.

Influence des traitements sur la composition des plantes.

FEUILLES.

Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

Groupement chimique dosé		Traitement caractérisé par la dominance de					
		N O ₃	S O ₄	P O ₄	K	Ca	Mg
Anions	N O ₃	166,7	163,2	162,9	172,0	160,0	163,8
	S O _{4/2}	12,9	13,3	11,9	13,0	12,2	13,3
	P O _{4/3}	23,9	25,5	26,7	25,6	25,6	24,4
	Total	203,5	202,0	201,5	210,6	197,8	201,5
Cations	K	88,2	91,3	69,3	115,4	73,9	74,9
	Ca/2	55,0	48,3	60,0	47,5	60,0	51,7
	Mg/2	35,0	28,9	34,3	17,5	37,0	38,1
	Total	178,2	168,5	163,6	180,4	170,9	164,7
Total général		381,7	370,5	365,1	391,0	368,7	366,2
Total des oxydes et anhydrides (mg pour 100 g de matière sèche)		7.469,1	7.361,0	7.902,0	8.230,1	6.988,8	6.838,7

Des constatations complémentaires peuvent se faire si l'on examine les divers « anions » séparément.

Teneur en azote.

En dépit des faibles variations de la teneur en azote, le tableau 42 révèle que cette teneur est plus influencée par la richesse du milieu en phosphore que par la richesse du milieu en azote même. En effet, la teneur est pratiquement la même dans les colonnes N O₃ et S O₄ (76,4 et 77,0), bien qu'elle corresponde à des milieux où la richesse en azote varie du simple au triple. Par contre, une différence existe entre ces deux colonnes et la troisième, où la teneur de la plante en

TABLEAU 42.

Influence des traitements sur la composition des plantes.

TIGES.

Teneurs en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

Groupement chimique dosé		Traitement caractérisé par la dominance de					
		N O ₃	S O ₄	P O ₄	K	Ca	Mg
Anions	N O ₃	76,4	77,0	70,9	91,7	70,3	69,2
	S O _{4/2}	7,0	8,4	8,7	8,3	8,4	7,3
	P O _{4/3}	15,3	18,7	18,4	22,3	16,8	14,6
	Total	98,7	104,1	98,0	122,3	95,5	91,1
Cations	K	73,3	78,9	71,3	94,0	66,9	70,1
	Ca/2	38,6	36,4	39,8	41,9	43,6	30,0
	Mg/2	33,5	32,6	34,2	31,0	33,1	35,1
	Total	145,4	147,9	145,3	166,9	143,6	135,2
Total général		244,1	252,0	243,3	289,2	239,1	226,3
Total des oxydes et anhydrides (mg pour 100 g de matière sèche)		5.835,5	6.158,7	6.131,2	7.067,4	5.762,1	5.607,9

azote est 70,9, donc sensiblement différente. La richesse du milieu en azote est la même dans les colonnes S O₄ et P O₄; la richesse en soufre est la même dans les colonnes N O₃ et P O₄. Seule, la richesse en phosphore diffère dans la colonne P O₄ par rapport aux deux premières et peut donc être responsable de la différence observée dans la teneur des plantes en azote.

Chose remarquable, la teneur de la plante en azote est bien plus influencée encore par la composition cationique du milieu, car cela se reflète même dans les feuilles, où l'on sait cependant que la teneur en azote est moins variable que dans les tiges.

En particulier, tant dans les feuilles que dans les tiges, la teneur en azote s'élève dans les plantes soumises à un traitement où la

potasse domine parmi les cations (colonne K des tableaux 41 et 42). Les différences sont, par contre, presque nulles entre les deux dernières colonnes, c'est-à-dire que la teneur en azote n'est guère influencée par les proportions relatives de Ca et de Mg dans le milieu nutritif, alors qu'elle l'est nettement par la proportion relative de K, donc également par celle du total (Ca + Mg) ou encore par la valeur du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$.

Teneur en soufre.

Cette teneur n'est pratiquement guère variable sous l'effet de la dominance d'un élément quelconque, en particulier dans le milieu nutritif.

Teneur en phosphore.

On peut faire à ce sujet des constatations assez voisines de celles qui concernent l'azote. La teneur en phosphore, dans la plante, ne dépend pas simplement de la richesse du milieu en phosphore même. En effet, dans les tiges où cette valeur est la plus sujette à variations (tableau 42), les colonnes SO_4 et PO_4 montrent des valeurs identiques (18,7 et 18,4), bien que correspondant à des milieux où la richesse en phosphore varie du simple au triple, alors que la colonne NO_3 montre une valeur nettement différente (15,3) et qu'elle correspond à des traitements qui ne diffèrent des autres que par la teneur en azote. En résumé, la dominance du phosphore dans le milieu extérieur diminue la teneur de la plante en azote. La dominance de l'azote dans le milieu diminue la teneur en phosphore dans la plante; mais, ni la richesse du milieu en azote, ni celle en phosphore n'agissent sur la teneur de ces mêmes corps dans la plante.

Contrairement à ce qui se passe pour l'azote, la teneur de la plante en phosphore, dans les feuilles, n'est pas influencée par la composition cationique du milieu. Dans les tiges, par contre, le phosphore, comme l'azote, est notablement plus abondant si le potassium domine dans le milieu (22,3 contre 16,8 et 14,6) et est pratiquement indifférent aux proportions relatives de Ca et de Mg. On peut donc dire qu'elle est liée à la valeur du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ dans le milieu nutritif.

b) TENEURS EN CATIONS.

Les teneurs en cations sont, comme nous le savons, plus variables dans les feuilles que dans les tiges. Toutefois, même dans ces derniers organes, certaines différences dignes de remarque apparaissent.

Total des cations : Dans les feuilles (tableau 41), les variations de la teneur totale en cations ne dépassent pas 10 % entre les valeurs extrêmes. Ainsi que nous l'avons dit, c'est là une valeur relativement constante dans le végétal. On trouve une légère augmentation de ce total lorsque l'azote domine parmi les anions dans le milieu extérieur et lorsque le potassium domine parmi les cations dans ce milieu.

Dans les tiges (tableau 42) on n'observe aucun effet d'une dominance anionique dans le milieu extérieur. La dominance du potassium dans le milieu se traduit par une augmentation du total cationique dans les tiges. Comme dans les feuilles également, mais de façon plus nette, la dominance magnésienne se traduit par l'effet inverse.

Par contre, des différences beaucoup plus importantes se manifestent dans les teneurs particulières.

Teneur en potassium.

Cette valeur est beaucoup plus variable dans les feuilles que dans les tiges sous l'effet des variations anioniques du milieu nutritif, mais ces deux types d'organes répondent de la même manière : la teneur en potassium s'élève dans les traitements où le soufre domine parmi les anions et est la plus faible là où le phosphore domine. Le premier fait est sans doute dû à ce que l'anion SO_4 peut neutraliser une accumulation excédentaire de potassium sous forme de sulfate de potasse. Le second fait n'est pratiquement marqué que dans les feuilles. Il correspond peut-être à ce que le potassium est l'un des ions les plus importants parmi ceux qui sont fixés sur les protéines.

La coexistence de ces deux actions différentes expliquerait pourquoi les teneurs en potassium et en azote ne varient pas tout à fait de la même manière.

La teneur en potassium subit, d'autre part, des variations considérables sous l'effet de la composition cationique du milieu nutritif. Elle est pratiquement influencée de façon directe par la teneur de ce milieu en potassium même et ne varie guère sous l'effet des proportions relatives de calcium et de magnésium.

Teneur en calcium.

La teneur en calcium, d'autre part, n'est guère influencée par la composition anionique du milieu nutritif. Tout au plus note-t-on, surtout dans les feuilles, une teneur un peu plus basse lorsque le soufre domine dans le milieu externe.

Par contre, la teneur en calcium est influencée par sa propre concentration dans le milieu extérieur, ainsi que cela se passait pour

le potassium. C'est tout au moins ce qui se produit dans les feuilles, où la teneur en calcium est, par ailleurs, indifférente aux proportions relatives de potassium et de magnésium. Dans les tiges, l'effet de la richesse du milieu en calcium est lui-même faible, mais, contrairement à ce qui se passe dans les feuilles, la teneur des tiges en calcium, à même richesse du milieu en calcium (colonnes K et Mg du tableau 42), diffère très fort suivant que le potassium ou le magnésium domine dans ce milieu. Toutes ces remarques confirment l'interdépendance des effets des éléments nutritifs.

Teneur en magnésium.

Pour s'en tenir aux feuilles (tableau 41) où apparaissent des différences notables, la teneur en magnésium baisse fortement si le milieu extérieur est riche en potassium, alors qu'elle est identique pour des proportions inverses de calcium et de magnésium et n'est donc pas influencée par les seuls effets de la concentration du même corps dans le milieu nutritif.

La teneur en magnésium varie, comme la teneur en calcium, sous l'effet des variations anioniques du milieu nutritif.

On remarquera enfin, et cela surtout dans les feuilles, que la somme (Ca + Mg) varie de façon inverse du potassium, ce qui explique la constance approximative de la somme équivalente des cations.

c) TENEUR EN CENDRES.

Si, au lieu de considérer seulement les teneurs en équivalents, nous reprenons rapidement leur expression en oxydes et anhydrides (cendres calculées), nous verrons que, dans les feuilles, elle dépend peu des proportions anioniques régnant dans le milieu extérieur, mais qu'elle s'élève si, parmi les cations, le potassium domine dans le milieu. En d'autres termes, la richesse de ce milieu en potassium permet une plus forte « minéralisation » de la plante. Cela est vrai également dans les tiges, mais, là, la somme anionique ou cationique n'est pas aussi constante; aussi est-il naturel de voir varier la minéralisation. Dans les feuilles, au contraire, pour les mêmes éléments (S, P, K, Ca, Mg) la somme équivalente varie beaucoup moins que la somme des oxydes et anhydrides. On voit que des interprétations très différentes peuvent dépendre du mode d'expression des concentrations et qu'il n'est donc pas indifférent de faire choix de l'une ou de l'autre.

2. Proportions relatives des éléments dans la matière végétale (tableaux 43 et 44).

a) PROPORTIONS RELATIVES DES ANIONS.

Elles sont, dans les feuilles, pratiquement indépendantes de la composition du milieu extérieur. Dans les tiges, tout comme pour les teneurs proprement dites, des différences se marquent à peu près de la même manière que pour ces teneurs.

Mais, alors que les teneurs totales en anions varient assez nettement dans les tiges, en fonction de la composition cationique du milieu, les proportions relatives des anions sont, là aussi, pratiquement invariables. C'est donc la valeur de ces proportions qui constitue la plus réelle constante spécifique de la plante étudiée ici. Nous ne pouvons assurer que cette remarque puisse être étendue à d'autres plantes.

b) PROPORTIONS RELATIVES DES CATIONS.

Celles-ci apparaissent comme pratiquement indépendantes des variantes anioniques dans le milieu nutritif, surtout dans les tiges où la constance est remarquable (colonnes N O_3 , S O_4 , P O_4 du

TABLEAU 43.

Influence des traitements sur la composition des plantes.

FEUILLES.

Rapports entre anions ou cations en pour cent de leur total respectif.

Proportion des groupements chimiques dosés		Traitement caractérisé par la dominance de					
		N O_3	S O_4	P O_4	K	Ca	Mg
Anions	N O_3	82	80	80	81	81	82
	$\text{S O}_4/2$	6	7	6	7	6	6
	$\text{P O}_4/3$	12	13	14	13	13	12
Cations	K	49	54	42	64	43	46
	$\text{Ca}/2$	31	29	37	26	35	31
	$\text{Mg}/2$	20	17	21	10	22	23

TABLEAU 44.

Influence des traitements sur la composition des plantes.

TIGES.

Rapports entre anions ou cations en pour cent de leur total respectif.

Proportion des groupements chimiques dosés		Traitement caractérisé par la dominance de					
		N O ₃	S O ₄	P O ₄	K	Ca	Mg
Anions	N O ₃	78	74	72	75	73	76
	S O ₄ / ₂	7	8	9	7	9	8
	P O ₄ / ₃	15	18	19	18	18	16
Cations	K	51	53	49	56	47	52
	Ca/ ₂	26	25	27	25	30	22
	Mg/ ₂	23	22	24	19	23	26

tableau 44). Elles sont, par contre, et surtout dans les feuilles, directement liées aux proportions cationiques existant dans le milieu nutritif. Aussi, là où un cation est en dominance dans le milieu (à raison de 60 % du total des cations), le même cation est plus abondant dans la matière végétale, mais non dans les mêmes proportions (64 % pour K, 35 % pour Ca, 23 % pour Mg). Par contre, l'inverse n'est pas vrai. C'est-à-dire que si un cation n'est présent, dans le milieu extérieur, qu'à raison de 20 % du total des cations, ce même cation peut être présent dans la plante en une proportion faible et toujours égale (43 et 46 % pour K), comme il peut aussi bien, pour le calcium et le magnésium, être présent, soit en proportion dominante (plus de 30 % pour Ca, plus de 20 % pour Mg) ou basse (26 % pour Ca, 10 % pour Mg). Pour ces deux derniers corps, la proportion dans la plante semble donc commandée principalement par la proportion du total (Ca + Mg) et non par la proportion de Ca ou de Mg seul dans le milieu nutritif. La teneur de K dans la plante dépendant de celle du même corps dans le milieu nutritif, et celle-ci étant liée au total (Ca + Mg), puisque la somme des trois cations est constante, on peut finalement dire que c'est le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$

dans le milieu extérieur qui commande la composition cationique relative dans la plante.

Dans le cas qui nous concerne :

si, dans le milieu extérieur, on a

$$\frac{K}{Ca + Mg} = \frac{60}{40} = 1,5,$$

on observe, dans les feuilles :

$$\begin{aligned} K &= 64 \% \text{ du total,} \\ Ca &= 26 \% \text{ du total,} \\ Mg &= 10 \% \text{ du total,} \end{aligned}$$

et

$$\frac{K}{Ca + Mg} = \frac{64}{36} = 1,78;$$

si, dans le milieu extérieur, on a

$$\frac{K}{Ca + Mg} = \frac{20}{80} = 0,25,$$

on observe, dans les feuilles :

$$\begin{aligned} K &= 44,5 \% \text{ du total,} \\ Ca &= 33,0 \% \text{ du total,} \\ Mg &= 22,5 \% \text{ du total,} \end{aligned}$$

et

$$\frac{K}{Ca + Mg} = \frac{44,5}{55,5} = 0,80.$$

En résumé, si aucune concentration particulière dans le milieu extérieur ne détermine une concentration donnée dans la plante, on peut dire que le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$, dans le milieu, détermine bien de façon principale la valeur du même rapport dans la plante.

Les différences sont plus marquées dans les feuilles, mais le fait existe encore dans les tiges où le rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ prend, respectivement, les valeurs 1,29 et 0,98 (contre 1,78 et 0,80 dans les feuilles).

E. — DISCUSSION DES DONNÉES EN FONCTION DE LA QUALITÉ
DU MILIEU NUTRITIF.

Dans le paragraphe précédent (D, p. 86), on examine l'effet que peut exercer le milieu nutritif dans la mesure où il est défini par sa composition chimique. On établit ainsi des relations entre le milieu extérieur et le milieu intérieur constitué par la plante. De telles relations concernent le même élément dans les deux milieux ou bien des éléments différents. Elles permettront, tôt ou tard, de déterminer les conditions d'équilibre qui régissent la composition chimique d'une plante.

Mais, les mêmes traitements peuvent être considérés à un tout autre point de vue : celui de l'effet qu'ils produisent sur le développement de la plante et, partant, sur le rendement. A ce titre, on peut parler de la qualité d'un traitement. Il en existe, comme il ressort de la seconde partie de cette étude, de bons, de mauvais et de moyens.

On peut se demander s'il existe une relation entre cette qualité et la composition chimique de la plante. Cette étude aurait deux conséquences possibles. La première constitue la base même du diagnostic chimique : il serait éventuellement possible de voir, par l'analyse chimique de la plante, si le terrain sur lequel elle pousse peut être considéré comme bon ou mauvais et, par conséquent, s'il est susceptible d'amélioration. Une fois ce point établi, l'étude des relations entre les compositions externe et interne à la plante (§ D, p. 86) serait susceptible de guider le praticien sur la façon d'améliorer le milieu. La seconde conséquence consiste en la possibilité de déterminer, sur une base logique, les normes de la constitution de la plante. Ces normes doivent en effet correspondre à une plante en bon état et cela se dégagera éventuellement de l'étude des relations entre la qualité des traitements expérimentaux et la composition de la plante.

1. Critères de la qualité des traitements.

La qualité d'un traitement découle des résultats de la seconde partie de cette étude. Comme il a été démontré que le poids de la partie aérienne des plantes varie de la même manière que le poids total et que celui-ci, à son tour, subit les mêmes variations que les critères de santé, le classement des traitements, en ce qui concerne leur qualité, sera essentiellement basé sur la considération du poids frais de la partie aérienne de la plante (feuilles + tiges).

En d'autres termes, on se basera sur la ligne (F + T) du tableau 26, page 64. Pour faire apparaître les traits communs aux plantes sou-

mises à de bons traitements, nous réunirons en un groupe les trois premiers du classement, c'est-à-dire les traitements N Mg, S Mg et N Ca. Nous considérerons comme mauvais les traitements classés sous les numéros 7 et 8, c'est-à-dire N K et S K. Le traitement P K est encore plus mauvais, mais nous avons déjà signalé son caractère anormal, ce qui empêche de l'intégrer dans une moyenne. Il sera examiné séparément, ainsi d'ailleurs que le traitement T, non repris dans le classement et qui est, par principe même, un mauvais traitement.

Nous réunirons, enfin, sous la dénomination de traitements moyens, ceux qui portent les numéros de classement 4, 5 et 6, c'est-à-dire P Mg, P Ca et S Ca.

En procédant de la sorte, les bons traitements correspondent à un rendement égal à 127 % de la moyenne de tous les traitements considérés, les traitements moyens et mauvais correspondent respectivement à 97 et 64 % de la moyenne générale (d'après les données du tableau 14).

Les données analytiques primaires sont donc, pour cette étude, groupées de façon à établir les teneurs moyennes de toutes les plantes réunies dans l'un des groupes ainsi délimités. Si, pour un traitement, le fait d'être favorable exerce sur le contenu de la plante un effet indépendant de la constitution chimique particulière du milieu nutritif, cela apparaîtra, puisque dans un même groupe se trouvent réunis deux ou trois traitements de qualité voisine mais de constitution différente.

Les résultats de ces calculs sont donnés dans les tableaux 45 et 46.

On peut faire, à la lecture de ces tableaux, les commentaires suivants :

2. Teneurs dans les plantes.

a) TENEURS EN ANIONS (tableau 45).

Ainsi que nous le savons déjà (p. 83), les feuilles réagissent moins à ce point de vue que les tiges aux traitements appliqués. Il est donc naturel que les différences apparaissent mieux dans les tiges.

On constatera que toutes les teneurs sont plus élevées dans les plantes soumises aux mauvais traitements. Mais l'azote montre surtout une différence entre les colonnes des bons et moyens traitements, d'une part, et la colonne des mauvais traitements, de l'autre. En d'autres termes, la teneur en azote se modifie seulement si les traitements sont très défavorables.

TABLEAU 45.
Teneurs dans les plantes d'après la qualité du traitement appliqué
(en milliéquivalents sur 100 g/sec.).

Traitement		Bon	Moyen	Mauvais	
Tiges	Anions	N O ₃	70,1	69,3	91,7
		S O ₄ / ₂	6,9	8,8	8,3
		P O ₄ / ₃	13,7	17,7	22,3
		Total	90,7	95,8	122,3
	Cations	K	66,9	70,2	94,0
		Ca/ ₂	33,2	40,4	41,9
		Mg/ ₂	34,7	33,5	31,0
		Total	134,8	144,1	166,9
	Total général		225,5	239,9	289,2
	Feuilles	Anions	N O ₃	163,8	160,0
S O ₄ / ₂			13,1	12,4	13,0
P O ₄ / ₃			23,9	26,2	25,6
Total			200,8	198,6	210,6
Cations		K	77,0	71,8	115,4
		Ca/ ₂	55,0	56,7	47,5
		Mg/ ₂	40,0	35,1	17,5
		Total	172,0	163,6	180,4
Total général		372,8	362,2	391,0	

Au contraire, le soufre et le phosphore montrent une différence entre les deux premières colonnes. C'est donc seulement dans les meilleurs traitements qu'un effet se manifeste.

En résumé, si les teneurs en soufre et en phosphore sont inférieures à la moyenne, le traitement est très bon. Si la teneur en azote

est au-dessus de la moyenne, le traitement est très mauvais. Les données inverses peuvent aussi bien se rapporter à des traitements de qualité moyenne qu'à des traitements extrêmes.

La teneur globale en anions montre une progression, mais la différence est surtout marquée pour les mauvais traitements où s'accumulent naturellement les effets relatifs à l'azote, au soufre et au phosphore.

Cette élévation globale de la teneur en anions et même l'élévation de la teneur en azote et en phosphore s'observent, à un moindre degré, dans les feuilles.

Enfin, puisque les « anions » sont les constituants de matières végétales essentielles, il est certain que l'élévation de teneur, dans les cas où le traitement appliqué est défavorable, traduit essentiellement une moindre synthèse de glucides dans ces cas.

b) TENEURS EN CATIONS (tableau 45).

C'est — on le sait — surtout dans les feuilles qu'on peut espérer trouver un effet de la qualité du traitement appliqué.

Le potassium se présente à une teneur beaucoup plus haute dans les plantes soumises aux mauvais traitements et il n'y a guère de différence entre les deux autres groupes de plantes. L'accumulation de potassium dans les plantes du Cacaoyer semble donc être un indice de la très mauvaise qualité d'un milieu nutritif.

Le calcium, au contraire, tout en ne présentant guère de différence dans les deux premiers groupes de plantes, est moins abondant dans les plantes soumises aux mauvais traitements. La teneur élevée en potassium, jointe à une teneur trop faible en calcium, suggère que, dans les mauvais traitements, il y a substitution de potassium au calcium dans certaines liaisons."

Le magnésium se comporte à peu près comme le calcium, à ceci près que la différence est plus progressive, puisqu'elle se manifeste déjà dans les traitements moyens. Le potassium, dans les plantes soumises aux mauvais traitements, se substituerait donc à la fois au calcium et au magnésium; cela signifierait que les différences relatives à ce dernier corps ne concernent pas uniquement le magnésium chlorophyllien. Toutefois, les différences relatives au magnésium sont beaucoup plus marquées dans les feuilles que dans les tiges.

D'autre part, on sait (p. 91) que le total des cations rapportés à la matière sèche est peu variable dans les traitements divers. On constatera cependant que, dans le groupement selon la qualité des traitements, le total de cations dans les feuilles augmente légèrement

TABLEAU 46.

Rapports cationiques, anioniques et rapport du total des anions au total des cations, en fonction de la qualité du traitement appliqué.

Traitement		Bon	Moyen	Mauvais	
Rapports cationiques	Tiges	K	50	49	56
		Ca/2	24	28	25
		Mg/2	26	23	19
	Feuilles	K	45	44	64
		Ca/2	32	35	26
		Mg/2	23	21	10
Rapports anioniques	Tiges	N O ₃	77	72	75
		S O ₄ /2	8	9	7
		P O ₄ /3	15	19	18
	Feuilles	N O ₃	82	81	81
		S O ₄ /2	6	6	6
		P O ₄ /3	12	13	13
Rapport A/C	Tiges	0,67	0,67	0,73	
	Feuilles	1,17	1,21	1,17	

dans les mauvais traitements. Ceci s'observe également dans les tiges. En conséquence, s'il s'agit avant tout de substitutions entre cations, les moins bons traitements permettent cependant une plus grande « minéralisation » ou une plus grande fixation de cations sur les radicaux négatifs disponibles dans la plante.

3. Rapports numériques divers (tableau 46).

a) RAPPORTS CATIONIQUES.

Bien que ces rapports soient peu variables dans les tiges, une différence se marque dans les mauvais traitements par rapport à l'ensemble des deux autres groupes, très semblables entre eux. En

effet, les proportions écrites dans l'ordre K — Ca — Mg sont, en moyenne, pour les bons et les moyens traitements :

50 — 26 — 24

et, dans les plantes soumises aux mauvais traitements :

56 — 25 — 19.

Ces chiffres montrent que la proportion de Ca dans le total des cations ne varie guère, mais que le rapport K : Mg prend la valeur 2 dans le premier cas contre 3 dans les mauvais traitements.

Ces différences s'accroissent dans les feuilles, mais sont de même nature : les plantes des groupes « bons » et « moyens » ont des rapports cationiques très voisins, dont la moyenne est approximativement :

45 — 33 — 22,

alors que ce rapport devient, dans les mauvais traitements :

64 — 26 — 10.

Ici la teneur en Ca varie également et, à côté de la forte différence existant dans la valeur du rapport K : Mg (qui est de 2 dans les bons et les moyens traitements contre 6 dans les mauvais), on pourrait trouver d'autres rapports significatifs.

	Bons et moyens	Mauvais
K : Ca.	1,4	2,5
K : (Ca + Mg)	0,8	1,8
Ca : Mg	1,5	2,6

Comme le total des teneurs en cations dans les feuilles est pratiquement constant, les valeurs des rapports établis ci-dessus pouvaient se tirer directement de l'examen des teneurs, au moins de façon approchée.

b) RAPPORTS ANIONIQUES.

Ces rapports ne présentent, ni dans les feuilles, ni dans les tiges, de variations intéressantes. C'est donc leur constance qui mérite d'être soulignée.

c) RAPPORT DU TOTAL DES ANIONS AU TOTAL DES CATIONS (A/C).

Ce rapport est peu influencé par la qualité des traitements. A peine peut-on voir une indication que ce rapport s'élève dans les tiges pour les mauvais traitements, mais dans une mesure trop faible pour être interprétée avec sûreté.

Le rapport A/C est donc constant, en dépit de l'action des traitements, mais il diffère suivant qu'il se rapporte aux feuilles ou aux tiges. Cette différence doit être liée à l'existence de quantités plus grandes de sels minéraux dans les feuilles, une partie des bases étant liée aux anions inorganiques, une autre aux anions ou aux micelles organiques.

d) REMARQUES CONCERNANT L'HYDRATATION DES TISSUS.

Afin de ne pas surcharger l'exposé des données, nous n'avons pas reproduit toutes les valeurs de l'hydratation. Nous jugeons toutefois utile de signaler que les plantes soumises aux meilleurs traitements sont moins hydratées que celles qui ont été soumises aux traitements les moins favorables.

En réunissant les données principales qui se dégagent de l'étude de l'effet lié à la qualité des traitements, on peut dire que les plantes soumises aux meilleurs traitements sont caractérisées de la façon suivante :

- plus haute teneur en matière sèche (moindre hydratation);
- plus haute teneur en glucides sur matière sèche;
- moindre teneur en protides sur matière sèche;
- moindre accumulation minérale.

Les plantes soumises aux moins bons traitements sont donc, inversement, plus hydratées, plus pauvres en glucides et plus minéralisées. Leur teneur relative en protides est plus grande.

F. — NORMES DE COMPOSITION DU CACAOYER.

Il est apparu que les traitements bons et moyens diffèrent peu entre eux dans leur effet sur la composition des plantes. Nous pouvons donc établir entre toutes les plantes soumises à ces traitements une moyenne que nous considérons comme représentative de l'espèce, au degré de développement atteint dans nos expériences. Cette dernière restriction est surtout valable pour les données relatives au total (Feuilles + Tiges), car, au cours du développement, les pro-

portions relatives des tiges et des feuilles varient fortement. Mais la composition moyenne des feuilles est probablement peu variable sur l'ensemble des feuilles, et cela constitue donc sans doute la meilleure norme.

L'ensemble des données ainsi réunies est exprimé, de façon simplifiée, dans le tableau 47.

TABLEAU 47.
Normes de composition du Cacaoyer.

			Feuilles	Tiges	Tiges + feuilles	
Teneurs en milliéquivalents sur 100 g sec	Anions	N O ₃	162	70	127	
		S O _{4/2}	13	8	11	
		P O _{4/3}	25	16	22	
		Total	200	94	160	
	Cations	K	74	69	72	
		Ca/2	56	37	48	
		Mg/2	38	34	36	
		Total	168	140	156	
	Total général			368	234	316
	Rapports anioniques		N O ₃	81	75	80
		S O _{4/2}	6	8	7	
		P O _{4/3}	13	17	13	
Rapports cationiques		K	45	49	46	
		Ca/2	33	26	31	
		Mg/2	22	25	23	
Rapport A/C			1,19	0,67	1,02	
Total oxydé en mg pour 100 g sec			6.760	5.685	6.410	
100 S/F (teneur en matière sèche)			27,4	23,1	25,6	

G. — **CONSIDÉRATIONS CONCERNANT LES TRAITEMENTS O ET PK.**

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le traitement P K a été éliminé des moyennes pour diverses raisons, dont la principale réside en ce que les feuilles étaient tombées de la plupart des sujets, qui, d'après les indications de la courbe de croissance, étaient très près de la mort. De même, le traitement T n'avait pas été inclus dans les moyennes, car, en somme, ce n'est pas un véritable traitement, aucune formule nutritive n'ayant été appliquée volontairement.

Mais, si la composition des plantes cultivées dans ces conditions n'a pu être introduite dans aucune des moyennes (p. 37), il est cependant fort important de l'examiner afin de voir si elle confirme ou non les conclusions générales.

En effet, le traitement P K aurait dû être considéré, s'il n'y avait pas eu de raisons spéciales, parmi les traitements à dominance P ou K, au § D, page 86. Il aurait dû être inclus, d'autre part, parmi les mauvais traitements, tels qu'ils sont définis au § E, page 96.

En tant que traitement à dominance phosphorique, nous observons, par comparaison au tableau 41 de la page 88, une élévation de la teneur en azote dans les feuilles et dans les tiges, fait qui ne se manifeste pas dans les autres traitements à dominance P. Il y a de même une élévation de la teneur en phosphore et, en accord avec ces manifestations, une élévation du total des « anions ».

En tant que traitement à dominance potassique (colonnes K des tableaux 41 et 42), nous trouvons l'accentuation de l'élévation en azote, déjà signalée dans ces traitements.

La teneur en oxydes et anhydrides est, dans les plantes soumises au traitement P K, de loin la plus élevée. Or, elle est également la plus haute (tableau 41) dans les traitements à dominance P parmi les traitements « anioniques » (colonne P O₄ par rapport aux deux premières) ou dans les traitements à dominance K, parmi les « cationiques » (colonne K par rapport aux deux dernières).

En ce qui concerne les rapports existant entre les teneurs dans les feuilles (tableaux 36 et 43), le traitement P K ne montre guère de différence dans la proportion de N O₃ par rapport au total anionique, mais une valeur un peu plus basse que la moyenne en ce qui concerne la proportion de S O₄. Cette différence est faible et n'eût peut-être guère valu d'être signalée, si ce n'est qu'une manifestation similaire apparaît dans le traitement T.

Le traitement P K ne s'écarte guère davantage de la moyenne en ce qui concerne les rapports anioniques existant dans les feuilles.

Pour les rapports cationiques, notons, dans les feuilles, une très forte accentuation de l'effet lié à la dominance potassique (colonne K

du tableau 43 et colonne P K du tableau 36) : élévation de la proportion de K sur le total des cations, baisse marquée de la proportion de Ca et de Mg.

En somme, considéré comme traitement à dominance K ou P, le traitement P K manifeste essentiellement une accentuation des caractères que nous avons signalés.

En tant que traitement très défavorable, les données relatives au traitement P K (tableaux 27 et 28) sont à comparer à celles du tableau 45.

Ici, l'élévation caractéristique de la teneur en azote se retrouve, accentuée, et la teneur en phosphore s'élève aussi dans les feuilles. Il est donc vraisemblable que cette dernière manifestation n'apparaisse que dans les cas extrêmes. L'élévation du total anionique s'observe, tant dans les tiges que dans les feuilles, également accentuée par rapport aux traitements dits mauvais.

Les variations des teneurs en cations sont également en conformité avec ces caractères généraux, tout en les accentuant, et il en est de même pour les rapports cationiques ou anioniques.

En résumé, les conséquences de ce traitement sur la composition des plantes ne font qu'accentuer les conclusions tirées précédemment. Cela confirme que le traitement P K est très mauvais *et qu'il eût pu être décelé comme tel par l'analyse du matériel végétal*. Il fait apparaître, en ce qui concerne le phosphore et le total des cations dans les feuilles, des effets qui semblent liés au caractère extrêmement défavorable de ce traitement.

La considération du traitement T est aussi intéressante. Pour simplifier les conclusions qui peuvent se tirer de la comparaison des données du tableau 27 avec celles du tableau 45, disons que le traitement T apparaît, dans ses manifestations sur la composition de la plante, comme défavorable par l'élévation du total des « anions », de la teneur en azote et du total des « cations ».

Par comparaison avec le tableau 41, il apparaît comme devant correspondre à une très forte dominance calcique et une légère dominance potassique, ce qui s'explique par l'existence de Ca dans l'eau d'arrosage et de K dans le mica présent dans le sable.

Si les plantes soumises aux traitements P K ou T avaient été soumises à l'analyse et confrontées aux normes, elles auraient donc marqué des écarts conformes à ceux que l'expérience nous permet réellement d'attendre.

TABLEAU 48.
Quantités absolues par plante en milliéquivalents.

FEUILLES + TIGES.

Groupement chimique	Traitement										
	T	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg	
Anions	N O ₃	14,9	110,6	137,5	53,2	77,8	423,0	9,1	95,0	103,6	
	S O ₄ / ₂	1,1	8,5	11,4	4,2	7,4	11,4	0,8	7,9	8,6	
	P O ₄ / ₃	2,4	17,6	20,3	10,5	13,8	20,2	2,3	18,3	18,0	
	Total	18,4	136,7	169,2	67,9	99,0	454,6	12,2	121,2	130,2	
Cations	K	8,6	63,6	76,6	43,2	45,9	74,2	7,5	50,5	57,7	
	Ca/2	11,5	49,7	48,0	18,1	29,3	37,3	5,3	42,7	38,0	
	Mg/2	1,4	32,7	45,0	9,6	21,8	34,1	1,7	25,6	27,3	
	Total	21,5	146,0	169,6	70,9	97,0	145,6	14,5	118,8	123,0	
Total anions et cations	39,9	173,3	282,7	338,8	138,8	196,0	300,2	26,7	240,0	253,2	
Total sans N	25,0	105,6	172,1	204,3	85,6	118,2	177,2	17,6	145,0	149,6	

H. — ÉTUDE DE L'UTILISATION EFFECTIVE DES ALIMENTS MINÉRAUX FOURNIS AUX PLANTES.

Le calcul de l'utilisation des aliments minéraux est basé sur la comparaison de la quantité d'éléments présente dans la plante en fin de culture et la quantité fournie sous forme de sels nutritifs.

Ces calculs résultent donc de la combinaison des données analytiques avec les données de rendement, ce qui nous fournit le tableau 48 relatif aux quantités effectivement présentes dans les plantes (quantités absolues) en fin de culture.

La composition des formules nutritives et le tableau des doses (tableau 3, p. 23) nous permettent de calculer le pourcentage d'utilisation pour chaque élément et pour les groupes d'éléments fournis, résultats qui sont consignés dans le tableau 49.

Ce dernier tableau met en évidence le fait que le pourcentage d'utilisation varie très fort, pour un même élément, d'un traitement à l'autre. Cela tient à ce que deux facteurs indépendants concourent à en déterminer la valeur.

En premier lieu, le développement de la plante, conditionné par l'ensemble de la constitution minérale du milieu nutritif, et non par aucun élément en particulier, permet une plus ou moins grande utilisation de chaque élément. Mais il n'y a pas là simple proportionnalité, car nous avons vu que les teneurs particulières peuvent varier fortement pour des rendements très voisins.

D'autre part, chaque élément est d'autant mieux utilisé qu'il est moins abondant dans le milieu nutritif. En effet, l'utilisation ne saurait suivre directement la concentration d'un élément en particulier et c'est d'ailleurs ce qu'exprime la courbe des rendements qui sert de base à la formule de MITSCHERLICH ou à toute autre qu'on peut lui substituer.

Si, en conséquence, les utilisations particulières varient fortement, il est remarquable de constater que le pourcentage d'anions utilisé est très voisin du pourcentage de cations, quel que soit le traitement appliqué.

Enfin, l'utilisation globale, comme aussi l'utilisation du total de cations ou celle du total d'anions, suit exactement le rendement, c'est-à-dire que les différences particulières se compensent de façon à déterminer une règle générale simple : le pourcentage d'utilisation, pour une même somme équivalente soit d'anions, soit de cations soit d'anions et de cations, est directement proportionnel au poids

TABLEAU 49.
Pourcentage d'utilisation basé sur (F + T).

Groupement chimique	Traitement									
	N K	N Ca	N Mg	S K	S Ca	S Mg	P K	P Ca	P Mg	
Anions	NO ₃	24,1	29,1	35,0	51,2	80,9	6,0	62,5	68,2	
	SO ₄ /2	3,7	5,6	7,5	1,6	2,5	0,5	5,2	5,7	
	PO ₄ /3	7,5	11,6	13,4	6,9	9,1	0,5	4,0	3,9	
	Total	11,1	17,9	22,2	8,9	13,0	20,3	1,6	15,9	17,1
Cations	K	11,5	41,8	50,4	9,4	30,2	1,6	33,2	38,0	
	Ca/2	15,0	10,9	31,6	11,9	6,4	3,5	9,3	25,0	
	Mg/2	8,6	21,5	9,8	6,3	14,3	1,1	16,8	6,0	
	Total	11,6	19,2	22,3	9,3	12,7	19,1	1,9	15,6	16,1
Total anions et cations	11,4	18,5	22,2	9,1	12,9	19,7	1,8	15,7	16,6	
Total sans N	9,9	16,1	19,3	6,2	8,6	12,9	1,3	10,6	10,9	

de matière sèche élaborée, lequel varie, dans ces conditions, d'après la composition qualitative du traitement. C'est ce qui apparaît notamment par la figure 4.

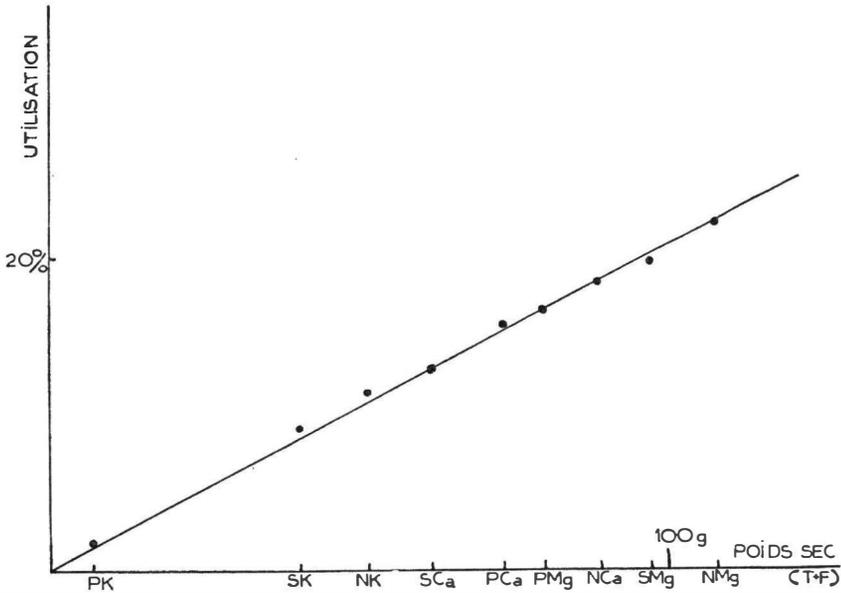


FIG. 4. — Utilisation de l'ensemble des minéraux alimentaires en fonction du développement de la plante mesuré par son poids sec.

Une dernière constatation apparaît si l'on réunit les traitements suivant la nature de l'anion ou du cation dominant et si l'on calcule, dans ces divers cas, la valeur du pourcentage d'utilisation. On obtient ainsi le tableau 50.

Ce tableau met en évidence le fait que, *pour les anions*, l'utilisation est effectivement d'autant meilleure que le corps considéré est moins abondant dans le milieu nutritif (22,7 % pour l'azote, là où il domine, contre 55,7 et 65,4, là où il est trois fois moins abondant, et ainsi de suite). Pour les cations, il n'en va pas toujours de même. Le potassium et le calcium suivent cette règle, mais le magnésium est utilisé de la même manière s'il domine (7,7 %) ou si le potassium domine (7,5 %). Par contre, il est mieux utilisé en cas de dominance calcique.

D'autre part, l'utilisation des « anions » est influencée de façon régulière par la constitution cationique : c'est toujours là où le magnésium domine que chaque anion est utilisé au maximum. Il en est

TABLEAU 50.

Valeur du pourcentage moyen d'utilisation dans les traitements caractérisés par les dominances anioniques et cationiques.

Ion dont l'utilisation est exprimée dans le tableau		Dominance anionique			Dominance cationique		
		N	S	P	K	Ca	Mg
Anions	N O ₃	22,7	55,7	65,4	24,9	45,9	59,4
	S O _{4/2}	5,6	1,7	5,5	2,3	4,1	5,2
	P O _{4/3}	10,8	9,8	4,0	7,2	8,2	10,2
	Total	17,1	14,1	16,5	10,0	15,6	19,9
Cations	K	34,6	29,5	35,6	10,5	35,1	45,7
	Ca/2	19,2	14,3	17,2	13,5	8,9	27,0
	Mg/2	13,3	9,3	11,4	7,5	17,5	7,7
	Total	17,7	13,7	15,9	10,5	15,8	19,2
Total anions et cations		17,4	13,9	16,2	10,3	15,7	19,5

d'ailleurs de même des cations, à l'exception du magnésium lui-même, naturellement, puisque son utilisation est alors réglée par sa propre dominance.

En résumé, toutes les utilisations sont au maximum, sauf celle de l'élément intéressé, lorsque le magnésium domine parmi les cations et lorsque l'azote domine parmi les anions (seule exception, minime d'ailleurs : l'accumulation de K est pratiquement identique : 34,6 et 35,6, lorsque N O₃ ou P O₄ domine parmi les anions).

III. — CONSIDÉRATIONS SUR LE DIAGNOSTIC CHIMIQUE.

Le diagnostic chimique, et tout particulièrement le diagnostic foliaire, repose surtout sur la considération des écarts existant entre la composition d'un échantillon et des normes préétablies. Les écarts sont interprétés comme traduisant les écarts de même nature dans le milieu extérieur et la compensation de celui-ci par des engrais peut donc ainsi être déterminée.

Les données que nous avons recueillies permettent de baser la détermination de l'engrais à apporter sur les relations que nous avons établies entre la composition et la qualité du milieu et la composition de la plante. Cette détermination repose, d'autre part, aussi sur l'idée générale qu'il est préférable d'ajouter, en tout état de cause, un engrais complet. Autrement dit, exceptionnels seraient les cas où une correction adéquate du milieu pourrait être réalisée par apport d'un ou deux éléments fertilisants.

Ceci dit, résumons sous forme simple la technique qui peut être utilisée en pratique et qui sera, sans aucun doute, améliorée et précisée par les études ultérieures.

A. — PRÉLÈVEMENT DE L'ÉCHANTILLON.

On prélèvera un assez grand nombre de feuilles, en veillant à les prendre d'âges et de positions très variables. Après les avoir découpées en fragments grossiers (aux ciseaux, par exemple) on mélangera bien l'ensemble et l'on en prélèvera un échantillon copieux (200 g). Celui-ci sera séché, réduit en poudre grossière. De la poudre mélangée, on prélèvera un échantillon plus petit (20-25 g) qui sera finalement broyé en poudre impalpable et analysé par les techniques habituelles.

B. — INTERPRÉTATION DES ANALYSES.

On déterminera sur cet échantillon les teneurs en K, Ca et Mg et seules les proportions de ces teneurs seront, en fait, utilisées.

La suite de l'interprétation est la suivante ⁽¹⁾ :

1. Valeur du rapport $\frac{K}{Mg}$:

a) Voisine de 2 :

Milieu nutritif bon. Le rendement peut être amélioré par adjonction d'engrais équilibré.

Les hautes doses ne seront peut-être pas payantes. *Formule A.*

b) Supérieure à 3 :

Milieu nutritif mauvais.

Examiner dans ce cas la valeur du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$.

⁽¹⁾ Les teneurs doivent être exprimées en équivalents-grammes pour 100 g de matière sèche, faute de quoi les valeurs numériques citées ci-après n'auraient aucun sens.

2. Valeur du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$:

a) Inférieure à l'unité :

Milieu nutritif très pauvre. On peut négliger son déséquilibre éventuel et augmenter les rendements par adjonction d'engrais équilibré. Rentabilité très probable même à haute dose. *Formule A.*

b) Supérieure à l'unité :

Milieu nutritif non nécessairement pauvre, mais très déséquilibré par excès de potassium dans l'ensemble des cations. Il faudra modifier en sens inverse la formule équilibrée.

Examiner dans ce cas la valeur du rapport $\frac{Ca}{Mg}$.

3. Valeur du rapport $\frac{Ca}{Mg}$:

a) Voisine de 2 :

Diminuer la proportion de K dans la formule équilibrée, par rapport au total (Ca + Mg), dont les proportions relatives seront maintenues. *Formule B.*

b) Voisine de 3 :

Diminuer la proportion de K et, dans l'ensemble (Ca + Mg), augmenter la proportion de Mg.

Dans ce dernier cas, *réexaminer la valeur du rapport $\frac{K}{Mg}$* (déjà calculée).

4. Valeur du rapport $\frac{K}{Mg}$ (dont on sait déjà qu'elle est supérieure à 3) :

a) Supérieure à 10 :

Diminuer, dans la formule équilibrée, la proportion de phosphore par rapport au total (NO₃ + SO₄). *Formule C.*

b) Inférieure à 10 :

Augmenter, dans la formule équilibrée, la proportion d'azote devant le total (PO₄ + SO₄). *Formule D.*

Les formules A, B, C, D sont déduites des considérations générales de la quatrième partie (p. 121).

A titre *d'indication* — et sous réserve d'améliorations ultérieures — nous suggérons :

Constitution en équivalents (% du total de chaque signe).

	N O ₃	S O ₄ / ₂	P O ₄ / ₃	K	Ca/ ₂	Mg/ ₂
Formule A	37	29	34	21	35	44
Formule B	37	29	34	10	40	50
Formule C	44	34	22	10	35	55
Formule D	50	23	27	10	35	55

Telles sont les conséquences pratiques susceptibles d'être tirées des résultats de l'étude chimique des plantes, combinée avec l'expérimentation sur les rendements dans divers traitements.

QUATRIÈME PARTIE

Considérations générales et conclusions

PAR

MARCEL V. HOMÈS (U.L.B.)

Cette partie comporte :

- I. — Les résultats de cette étude et l'établissement de formules d'engrais (p. 114).
- II. — Conclusions (p. 124).

I. — LES RÉSULTATS DE CETTE ÉTUDE ET L'ÉTABLISSEMENT DE FORMULES D'ENGRAIS.

A. — LIMITATION DES DOMAINES ÉTUDIÉS.

Il est important d'insister, une fois de plus, sur une remarque déjà formulée dans l'introduction, à savoir que cette étude ne vise pas directement à établir une formule d'engrais recommandable pour le Cacaoyer, mais bien à définir les exigences alimentaires de la plante du point de vue physiologique.

Dans la réalité des choses, c'est le sol qui constitue le milieu nutritif des végétaux cultivés. Les engrais chimiques peuvent s'y ajouter, mais ne le remplacent pas purement et simplement. En outre, la plante elle-même, suivant son espèce, son âge, son développement antérieur, peut extraire d'un même sol des quantités diverses d'éléments nutritifs. Enfin, le climat lui-même, les précipitations, la disposition du terrain (la pente, notamment), la proximité de la nappe phréatique interviennent également.

Bref, dans la nature, la valeur alimentaire du milieu extérieur dépend du complexe plante-sol-climat et, si une fumure est appliquée, le complexe devient plante-sol-fumure-climat.

Dans ce complexe, c'est à la connaissance du constituant « plante » que la présente étude apporte le plus d'information et elle ne saurait, à elle seule, prétendre résoudre toute la question. Ce serait également une erreur de croire que l'exigence physiologique qu'elle a tenté de définir soit l'image du constituant « fumure » dans ce complexe.

Ce serait bien une telle image si le sol n'apportait rien par lui-même, condition dont nous avons tenté de nous approcher par l'utilisation d'un substrat de culture presque inerte : du sable lavé.

Cela signifie-t-il que, dans la réalité, notre étude n'avance pas la résolution du problème de la fumure? C'est ce que nous allons examiner ici.

B. — LA DÉTERMINATION DE L'EXIGENCE ALIMENTAIRE DU CACAOYER.

Les résultats mêmes de cette étude peuvent, ainsi d'ailleurs qu'il ressort de l'introduction, être utilisés de deux façons différentes à la détermination des besoins alimentaires du Cacaoyer.

1. Détermination basée sur la comparaison empirique.

On peut considérer l'expérimentation étudiée dans la deuxième partie comme constituant une pure et simple comparaison entre neuf formules arbitrairement choisies. Si le choix lui-même est discutable, quand on se place sur le plan de l'utilisation des données en vue d'une analyse factorielle ordinaire, cette critique tombe, si l'on se contente de confronter empiriquement les résultats.

En effet, les variantes choisies comportent successivement deux niveaux pour tous les éléments biogènes et toutes les formules ainsi constituées réalisent des milieux complets.

La comparaison des résultats fait précisément l'objet de la deuxième partie de cette étude. On peut les résumer de la manière suivante :

Formule la meilleure : N Mg;

Formule de valeur à peine moindre : S Mg.

Ces deux formules ne seraient pas considérées comme spécifiquement différentes sur le critère $p = 0,05$.

Sur la base de cette constatation, on pourrait donc considérer comme pratiquement égales en valeur les formules suivantes ⁽¹⁾ :

Symbole	N O ₃	S O ₄ / ₂	P O ₄ / ₃	K	Ca/ ₂	Mg/ ₂
N Mg	60	20	20	20	20	60
S Mg	20	60	20	20	20	60

On déduirait, de la comparaison de ces deux formules, la précellence de l'équilibre cationique 20-20-60 sur les autres et le caractère commun $P O_{4/3} = 20$ à respecter dans l'équilibre anionique. L'indifférence des proportions N O₃ et S O₄/₂, avec cependant une légère préférence à accorder à la dominance azotique, supposerait, pour une formule répondant bien aux exigences du Cacaoyer, la constitution approximative suivante :

N O ₃	S O ₄ / ₂	P O ₄ / ₃	K	Ca/ ₂	Mg/ ₂
45 (20 à 60)	35 (20 à 60)	20	20	20	60

2. Détermination basée sur la conception des équilibres ioniques.

La méthode permettant de déterminer par calcul la composition optimum d'une fumure équilibrée sur la base de l'expérimentation conforme à la théorie des engrais équilibrés est exposée dans notre travail déjà cité ⁽²⁾.

Nous avons donné à cette expérimentation le nom de « Méthode des variantes systématiques ». Elle repose sur le choix de variantes cationiques complétées par une composition anionique commune et de variantes anioniques complétées par une composition cationique commune. Les variantes doivent correspondre à des points symétriquement disposés dans le diagramme triangulaire représentatif

⁽¹⁾ Définition des formules comme aux pages 18 et 19.

⁽²⁾ M. V. HOMÈS, L'alimentation minérale des plantes et le problème des engrais chimiques. Édition Sciences et Lettres, Liège, p. 111, 1953.

des mélanges ternaires. Dans ces conditions, nous avons dit que les optima anionique et cationique présentent, l'un vis-à-vis de l'autre, une large indépendance.

Lorsque le dispositif expérimental sur lequel la présente étude est basée a été établi, les principes de la méthode des variantes systématiques n'avaient pas encore été posés et, pour nous référer à notre publication de synthèse, le dispositif utilisé correspondait au système dit « multiplicatif » (*op. cit.*, p. 82) et non au système dit « additif » (*op. cit.*, p. 92).

Toutefois, cette expérimentation est utilisable. En effet, si nous considérons les trois traitements :

N K, N Ca, N Mg,

nous constatons qu'ils diffèrent par leur composition cationique de la façon qui correspond à des points symétriques et qu'ils ont en commun leur composition anionique. Leurs résultats peuvent donc servir à déterminer l'optimum de la composition cationique, et il en est de même pour les deux groupes suivants :

S K, S Ca, S Mg

et

P K, P Ca, P Mg.

De façon analogue, l'optimum de composition anionique pourra être calculé à partir de chacun des trois groupes de traitements suivants :

N K,	S K,	P K
N Ca,	S Ca,	P Ca
N Mg,	S Mg,	P Mg.

Pour les considérations émises dans les parties II et III de cette étude (principalement p. 24), le traitement P K ne peut, sans danger, être pris en considération sur le même pied que les autres. Nous pouvons toutefois déterminer, pour le triangle des compositions anioniques, et également pour celui des compositions cationiques, trois pieds de céviennes pour chacun des sommets P et K respectivement et deux pieds de céviennes pour chacun des autres sommets des triangles. Grâce à ces données, nous pouvons trouver dans chaque triangle deux optima indépendants et la cévienne sur laquelle est situé le troisième optimum.

Si l'indépendance des optima anionique et cationique était *rigoureuse*, les points optima de chaque triangle devraient *coïncider* et se trouver sur la cévienne complémentaire.

Si, comme nous l'avons dit, ces optima sont *largement* indépendants, leurs points représentatifs doivent être très voisins et se trouver au voisinage de la cévienne complémentaire.

Les figures 5 et 6 montrent qu'il en est bien ainsi [les valeurs utilisées sont les poids secs (F + T)]. En outre, en considérant les

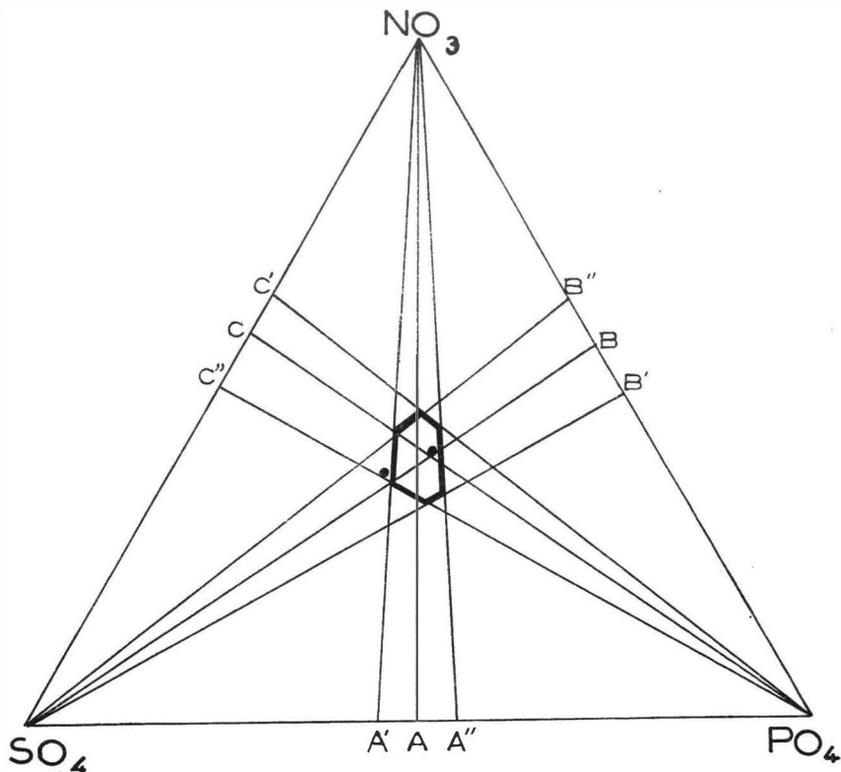


FIG. 5. — Diagramme représentatif des compositions anioniques. Les céviennes correspondant à A, B et C représentent respectivement les lieux géométriques des meilleures proportions $\text{S O}_4\text{-P O}_4$, $\text{N O}_3\text{-P O}_4$, $\text{N O}_3\text{-S O}_4$. Les points AA' , BB'' , CC'' déterminent les limites extrêmes de la variabilité. La zone d'intersection des trois faisceaux de céviennes (gros trait) est la zone des compositions optima, dans les limites de la variabilité. Les deux points de cette zone sont les optima calculés suivant les données de la page 116.

écarts extrêmes dans la position de l'optimum de chaque triangle selon qu'on le calcule avec l'une ou l'autre des compositions ioniques complémentaires pour le signe opposé, et en interprétant donc l'expérience dans son sens le moins favorable, les optima se trouvent représentés, non par des points, mais par des zones soulignées sur

les figures. Ils correspondent, au point de vue des calculs numériques, aux valeurs suivantes :

Composition anionique :

Équivalents N O_3	: 39 % \pm 6 %
$\text{S O}_4/2$	: 30 % \pm 5 %
$\text{P O}_4/3$	: 31 % \pm 5 %.

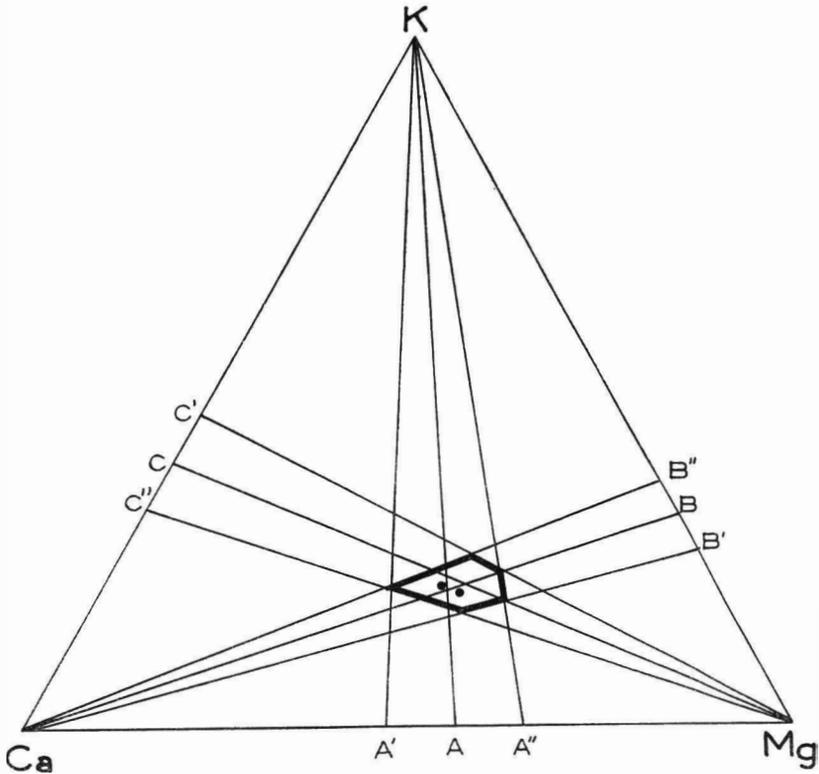


FIG. 6. — Diagramme représentatif des compositions cationiques.
Signification, *mutatis mutandis*, comme dans la figure 5.

Composition cationique :

Équivalents K	: 21 % \pm 4 %
$\text{Ca}/2$	: 34 % \pm 6 %
$\text{Mg}/2$	: 45 % \pm 8 %.

On peut également raisonner d'une manière plus simple si l'on admet, dès l'abord, l'indépendance approximative des optima anionique et cationique, chose qui nous est maintenant suffisamment confirmée.

Pour ce faire, on établira la moyenne des résultats de tous les traitements où, successivement, domine l'un des éléments nutritifs. On aura de ce fait six résultats correspondant aux deux groupes de trois points symétriques dans les diagrammes triangulaires (traitement P K toujours éliminé).

Ces valeurs moyennes sont :

Traitement à 60 % d'équivalents N O_3 parmi les anions :
moyenne : 82,8;

Traitement à 60 % d'équivalents $\text{S O}_4/2$ parmi les anions :
moyenne : 66,6;

Traitement à 60 % d'équivalents $\text{P O}_4/3$ parmi les anions :
moyenne : 77,1;

Traitement à 60 % d'équivalents K parmi les cations :
moyenne : 46,0;

Traitement à 60 % d'équivalents $\text{Ca}/2$ parmi les cations :
moyenne : 75,1;

Traitement à 60 % d'équivalents $\text{Mg}/2$ parmi les cations :
moyenne : 95,2.

Sur ces données, on calcule, en tenant compte du coefficient moyen de variabilité, la composition optimum suivante (1) :

Composition anionique :

Équivalents N O_3 : 37 % \pm 4 %
 $\text{S O}_4/2$: 29 % \pm 3 %
 $\text{P O}_4/3$: 34 % \pm 3 %;

Composition cationique :

Équivalents K : 21 % \pm 2 %
 $\text{Ca}/2$: 35 % \pm 4 %
 $\text{Mg}/2$: 44 % \pm 4 %.

Comme on le voit, ces résultats ne sont pas discordants par rapport aux précédents. Il faut noter que la notion de large indépendance opposée à la notion d'indépendance rigoureuse tient à ce que l'indépendance des effets ioniques de signe opposé est d'autant moins parfaite que la composition est représentée par un point plus voisin de l'un ou l'autre sommet dans les diagrammes triangulaires.

(1) *Op. cit.*, pp. 111-112.

En d'autres termes, en admettant cette indépendance dans la méthode des variantes systématiques (*op. cit.*, p. 105), on commet encore une erreur moindre qu'ici, où, pourtant, on constate que cette erreur n'est pas grande.

Nous admettrons donc comme valeur la plus probable de la composition de la formule alimentaire optimum pour le Cacaoyer, la suivante :

Composition anionique (équivalents en pour cent de leur total) :

N O ₃	: 37
S O ₄ / ₂	: 29
P O ₄ / ₃	: 34;

Composition cationique (équivalents en pour cent de leur total) :

K	: 21
Ca / ₂	: 35
Mg / ₂	: 44.

3. Confrontation des deux types d'interprétation.

Les conclusions de l'interprétation empirique et celles de l'interprétation basée sur la théorie des formules équilibrées ne sont évidemment pas identiques. C'est là chose toute naturelle, puisque la première façon d'opérer consiste en un choix parmi des formules effectivement réalisées, mais dont rien ne garantit qu'elles comprennent la formule optimum.

Tout ce qu'on peut réellement conclure, c'est que la meilleure des formules testées est la formule N Mg et que, par comparaison des formules les plus voisines en qualité, on peut estimer, comme nous l'avons fait, la constitution d'une formule hypothétique réunissant les caractères communs aux bonnes formules.

Or, ces caractères communs sont une légère dominance azotée parmi les anions et une nette dominance magnésienne parmi les cations. Si les conclusions des deux interprétations avaient été nettement divergentes, on n'aurait guère osé ajouter foi à la seconde, l'interprétation théorique. Mais celle-ci, également, conduit à reconnaître ces mêmes caractères en confirmant, d'autre part, la faiblesse de la proportion à maintenir pour le potassium et en relevant un peu la proportion de phosphore. Cette dernière modification s'explique par le fait que la proportion de soufre peut, selon l'interprétation empirique, être aussi bien 20 que 60 (et la valeur de 29, obtenue d'autre part, est bien entre ces limites), et par le fait que le sens réel de l'interprétation empirique, en ce qui concerne le phosphore, est qu'on ne peut atteindre la proportion de 60 (et celle de 34, obtenue d'autre part, reste bien au-dessous de cette limite).

En résumé, l'interprétation théorique n'est pas infirmée par la confrontation avec l'interprétation empirique et, comme elle conduit à des conclusions plus précises, nous pensons pouvoir adopter ces dernières telles qu'elles sont formulées page 121.

C. — LA FUMURE MINÉRALE DU CACAOYER.

Parmi les facteurs qui interviennent, comme nous l'avons montré (p. 114) dans la détermination du besoin en fumure, on peut, en première approximation, négliger le climat lorsqu'on envisage l'application réelle à une région du Congo, même d'assez grande étendue, car les traits généraux du climat peuvent être assez uniformes. On ne saurait, par contre, en aucun cas, négliger complètement l'intervention du sol.

Or, sur les effets de cette intervention, nous sommes très mal informés. Les analyses pédologiques nous fournissent bien des données sur la teneur du sol en l'un ou l'autre élément mais, outre le fait que le caractère conventionnel des méthodes limite fortement l'utilisation possible de ces données, il nous est difficile d'en déduire la quantité réelle qu'une plante peut prélever dans le sol sur une durée de végétation et c'est pourtant celle-ci qui s'ajoute à l'engrais appliqué pendant cette même période.

C'est, évidemment, la somme des quantités fournies par le sol lui-même et par l'engrais apporté qui déterminera l'équilibre réel dont la plante a pu disposer. Si cet équilibre est trop différent de l'optimum physiologique que nous venons d'étudier, la fumure appliquée ne convient pas. Celle-ci peut donc, dans certains cas, devoir différer de l'optimum physiologique de telle façon que, par l'apport complémentaire naturel provenant du sol, l'équilibre optimum soit rétabli.

Mais, c'est dans la modification à apporter dans cet esprit à la fumure appliquée que les connaissances précises font défaut.

On peut cependant contourner provisoirement, avec approximation, cette impasse de façon à donner au problème pratique de la fumure une solution, sinon idéale, du moins satisfaisante.

Deux cas sont à considérer :

En premier lieu, si le sol est très pauvre, son apport, quelle qu'en soit la constitution qualitative, reste quantitativement assez faible pour ne modifier que de façon minime l'effet de la fumure. Dans ce cas, on peut, en première approximation, faire coïncider celle-ci avec la formule physiologique optimum, telle que nous venons de la définir (p. 121).

Si, d'autre part, l'apport du sol n'est pas négligeable dans ses effets par rapport à l'action de la fumure, deux solutions s'offrent à nous :

La première, la plus sûre, est l'expérimentation agricole basée sur les mêmes principes que ceux que nous avons suivis ici. C'est-à-dire qu'on appliquera, en champ d'essais, et à l'aide d'engrais techniques, la méthode des variantes systématiques selon le schéma tracé dans notre publication sur l'alimentation minérale (*op. cit.*, p. 134). Cette méthode conduira à formuler directement la constitution de la fumure optimum pour une plante donnée dans une région et un sol donnés, car tous les facteurs du complexe de fertilité y seront automatiquement intégrés. Nous avons entrepris, tant dans les stations de l'I.N.É.A.C. qu'en Belgique, des essais de cette nature.

La seconde, peut-être moins sûre, mais cependant digne de confiance, à notre avis, réside en l'interprétation des modifications chimiques que traduisent, dans la plante, des différences d'un sol à l'autre. C'est, en d'autres termes, l'interprétation du diagnostic chimique. Mais là, nous devons tenter de faire mieux que d'appliquer le diagnostic courant (par exemple foliaire) et nous disposons, en effet, de premières bases réelles qui nous sont fournies par la troisième partie de la présente étude.

Nous pouvons maintenant établir des relations objectives entre la constitution de la fumure appliquée et les données analytiques recueillies sur la plante. C'est ce que nous avons fait. On peut, par réciproque, conclure que si la plante montre, dans sa constitution chimique, tel caractère particulier, c'est que « tout se passe comme si le milieu naturel apportait un ensemble d'éléments nutritifs semblables à telle ou telle formule appliquée dans nos expériences ». Il nous est alors possible, connaissant cette formule, et connaissant, d'autre part, la formule physiologique optimum, de modifier la formule à appliquer, en réalité, pour donner au complexe sol-engrais un effet voisin de l'optimum.

C'est, évidemment, avec une certaine approximation que ce raisonnement se tient et que la conclusion se formule. Mais cette solution a le grand mérite d'être immédiate. Nous pensons bien faire en la donnant à titre provisoire. Si, dans l'avenir, nous devons espérer améliorer ces conclusions, nous sommes convaincu que leur utilisation actuelle est sans danger et que la fumure ainsi proposée est, dès maintenant, sinon idéale, au moins la meilleure que l'on puisse suggérer sur des bases scientifiques.

En résumé, en sol très pauvre, on appliquera la formule A de

la page 113. Si l'on a des doutes sur la possibilité de considérer le sol comme assez pauvre pour pouvoir en négliger l'interférence sur l'action de l'engrais, on choisira les formules B, C ou D, selon les indications des pages 112 et 113.

Remarque. — La présente étude est essentiellement le compte rendu de l'expérimentation conduite à l'I.N.É.A.C. Nous réservons pour une autre publication la confrontation de ces conclusions avec les connaissances générales en matière de fumure du Cacaoyer.

II. — CONCLUSIONS.

A. — CONCLUSIONS DE CARACTÈRE THÉORIQUE.

a) Étude du développement de la plante au cours d'une expérience ou à l'examen d'une plantation.

1. Dans nos expériences, le développement des plantes a été, dans les traitements bons ou moyens, au moins égal à celui des plantes en pépinière.

2. Le développement foliaire, mesuré en poids, répond plus que celui des tiges aux variations de traitements expérimentalement appliqués. Tous deux répondent toutefois à ces variations dans le même sens.

3. Une action déprimante sur une partie quelconque du végétal reflète une action déprimante sur l'ensemble.

4. On peut, sans danger, négliger les mensurations et pesées relatives aux racines dans la comparaison de plantes entre elles, au point de vue de leur développement (rendement total). La pesée la plus représentative est celle de l'ensemble (Feuilles + Tiges), surtout à l'état sec.

5. Entre poids frais et poids sec existe un coefficient de corrélation tellement élevé qu'on peut utilement se contenter de la première détermination, si les conditions locales rendent la seconde difficile.

6. Une combinaison assez simple de mesures susceptibles d'être effectuées sur plantes en place (contour au collet élevé au carré, ce nombre multiplié par la hauteur; voir p. 63) permet la comparaison de plantes entre elles d'une façon très satisfaisante. Les variations

de cette combinaison suivent très étroitement celles du poids total de tiges et rameaux et, un peu moins bien, mais utilement encore, celles du poids total de matière formée par la plante (Feuilles+Tiges).

7. Le classement des sujets d'expérience sur la base du développement pondéral et sur la base des signes de santé est assez parallèle pour que l'optimum de rendement pondéral ait réellement le sens d'un optimum physiologique.

8. Le coefficient de variabilité trouvé dans une mesure pondérale ou phénologique est d'autant plus grand que le milieu nutritif est moins favorable. Il peut ainsi servir à mesurer la qualité d'un milieu naturel (pp. 50-51).

9. De la conclusion 3, on peut *vraisemblablement* déduire que la production de fruits (cabosses) suivra les mêmes variations que le développement végétatif.

b) Effets physiologiques.

10. Il est dangereux de conclure à l'effet, utile ou nocif, d'un élément quelconque en particulier.

11. Ce sont surtout les proportions entre les quantités disponibles de tous les éléments qui sont responsables des effets sur le développement, la santé et la production.

12. Les proportions des éléments N-P-K n'ont pas, dans la constitution du milieu alimentaire, une importance prédominante et ne suffisent certainement pas à en déterminer la valeur.

13. Un régime alimentaire abondant, mais mal équilibré, peut avoir un effet bien plus défavorable que la pauvreté générale du milieu alimentaire (par conséquent, une mauvaise fumure peut être plus défavorable que l'absence de fumure).

c) Constitution chimique élémentaire de la plante.

14. Les teneurs et proportions relatives des éléments du groupe anionique (N, S, P) sont très peu variables sous l'effet des traitements appliqués.

Lorsque de légères variations s'observent, c'est surtout dans les tiges, et principalement sous l'effet de différences « cationiques » dans les traitements appliqués.

15. L'azote, en particulier, voit sa teneur dans les tiges influencée par la richesse du milieu nutritif en phosphore, plus que par la richesse de ce milieu en azote même.

16. Réciproquement, la teneur des tiges en phosphore est plus influencée par la richesse du milieu en azote que par la richesse en phosphore.

17. Les teneurs et proportions relatives des éléments du groupe cationique (K, Ca, Mg) varient nettement dans la plante — et surtout dans les feuilles — sous l'effet des variations dans les traitements appliqués.

18. La somme de ces éléments, exprimée en nombre d'équivalents chimiques pour 100 g de matière sèche, est toutefois remarquablement constante (surtout dans les tiges), ce qui montre qu'il existe entre ces éléments des possibilités de substitution.

19. La valeur du rapport $\frac{K}{Ca + Mg}$ dans les feuilles dépend de la valeur du même rapport dans le milieu nutritif.

20. La valeur des proportions relatives des éléments du groupe cationique dans la plante varie d'après la qualité du milieu nutritif, telle qu'on peut la mesurer par le développement que le végétal peut y atteindre.

21. Le rapport du total (en équivalents chimiques) des éléments « anioniques » au total des éléments « cationiques » (rapport A /C) est différent dans les tiges et dans les feuilles, mais, pour chacun de ces organes, il est remarquablement constant en dépit des différences dans le traitement appliqué. Cela est vrai même dans les cas extrêmes (traitement P K).

22. Le coefficient d'utilisation global est nettement proportionnel au développement de la plante mesuré par son poids sec. Mais le coefficient d'utilisation de chaque élément en particulier est très variable. Il est notamment plus élevé quand le même élément est moins abondant dans le milieu nutritif.

23. Des premiers éléments raisonnés peuvent être obtenus en faveur de l'utilisation du diagnostic chimique à la détermination des besoins alimentaires de la plante.

24. On a pu établir *les normes de composition chimique* en éléments majeurs pour le Cacaoyer (p. 102).

d) Besoins alimentaires du Cacaoyer.

25. Les besoins alimentaires du Cacaoyer sont satisfaits au mieux lorsque existent, dans le milieu nutritif, les proportions suivantes :

Proportions dans la composition « anionique » exprimée en équivalents chimiques, pour un total de 100 :

N O₃ : 37
 S O₄/₂ : 29
 P O₄/₃ : 34;

Proportions dans la composition « cationique » exprimée en équivalents chimiques, pour un total de 100 :

K : 21
 Ca/₂ : 35
 Mg/₂ : 44.

Cette composition représente la formule physiologique optimum.

B. — CONCLUSIONS DE CARACTÈRE PRATIQUE.

26. En dépit du manque d'information en matière de valeur nutritive des sols pour le Cacaoyer, il nous paraît possible de formuler, à *titre de conseil provisoire*, et pour guider les planteurs, des fumures minérales à appliquer au Cacaoyer. Quatre formules ont ainsi été établies (p. 113) et le choix de l'une ou de l'autre est discuté.

27. La formule A, applicable en sols très pauvres, et par conséquent la plus susceptible d'être utilisée par les planteurs, peut être réalisée de la manière suivante (formule calculée pour A/C = 1,1) :

*Formule A calculée en produits techniques
 en pour cent du total pondéral.*

Nitrate ammonique 34,5 % ..	...	...	...	...	13
Nitrate de potasse ..	...	...	...	...	12
Sulfate de potasse ..	...	...	...	...	10
Sulfate de magnésie cristallisé	...	...	...	...	28
Phosphate bicalcique	...	...	...	...	24
Carbonate de chaux	...	...	...	...	3
Carbonate de magnésic ..	...	...	...	...	10
Total ...	...	...	...	...	100

Ceci ne constitue qu'un exemple et d'autres formes de réalisation sont possibles. Certaines d'entre elles peuvent être beaucoup moins

onéreuses que d'autres. Leur réalisation dépend, d'autre part, des disponibilités du marché. Nous conseillons aux utilisateurs de ne pas s'engager à la légère dans ces préparations et de prendre, le cas échéant, toutes informations utiles.

Remarque :

Un certain nombre des précédentes conclusions nous paraissent présenter un caractère de généralité suffisant pour qu'on puisse vraisemblablement les considérer comme valables pour d'autres plantes que le Cacaoyer. Il s'agit des conclusions suivantes :

Groupe *a* : n^{os} 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9;

Groupe *b* : n^{os} 10, 11, 12, 13;

Groupe *c* : n^{os} 14, 17, 18, 22.

C'est là une opinion que nous formulons dans le but d'attirer l'attention d'autres expérimentateurs, sans qu'il nous soit possible d'en garantir la validité.



Publications de l'INÉAC

Les publications de l'INÉAC peuvent être échangées contre des publications similaires et des périodiques émanant des Institutions belges ou étrangères. S'adresser : 12, rue aux Laines, à Bruxelles. Elles peuvent être obtenues moyennant versement du prix de vente au n° 8737 du compte chèques postaux de l'Institut.

Les études sont publiées sous la responsabilité de leurs auteurs.

SÉRIE SCIENTIFIQUE

1. LEBRUN, J., **Les essences forestières des régions montagneuses du Congo oriental**, 264 pp., 28 fig., 18 pl., 25 fr., 1935. (*Épuisé.*)
2. STEYAERT, R.-L., **Un parasite naturel du *Stephanoderes*. Le *Beauveria bassiana* (BALS.) VUILLEMIN**, 46 pp., 16 fig., 5 fr., 1935. (*Épuisé.*)
3. GHESQUIÈRE, J., **État sanitaire de quelques palmeraies de la province de Coquilhatville**, 40 pp., 15 fr., 1935.
4. STANER, P., **Quelques plantes congolaises à fruits comestibles**, 56 pp., 9 fig., 9 fr., 1935. (*Épuisé.*)
5. BEIRNAERT, A., **Introduction à la biologie florale du palmier à huile**, 42 pp., 28 fig., 12 fr., 1935. (*Épuisé.*)
6. JURION, F., **La brûlure des caféiers**, 28 pp., 30 fig., 8 fr., 1936. (*Épuisé.*)
7. STEYAERT, R.-L., **Étude des facteurs météorologiques régissant la pullulation du *Rhizoctonia Solani* KÜHN sur le cotonnier**, 27 pp., 3 fig., 20 fr., 1936.
8. LEROY, J.-V., **Observations relatives à quelques insectes attaquant le caféier**, 30 pp., 9 fig., 10 fr., 1936. (*Épuisé.*)
9. STEYAERT, R.-L., **Le port et la pathologie du cotonnier. — Influence des facteurs météorologiques**, 32 pp., 11 fig., 17 tabl., 30 fr., 1936. (*Épuisé.*)
10. LEROY, J.-V., **Observations relatives à quelques hémiptères du cotonnier**, 20 pp., 18 pl., 9 fig., 35 fr., 1936. (*Épuisé.*)
11. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la Station de Mulungu. (Premières communications)**, 41 pp., 22 fig., 12 fr., 1936. (*Épuisé.*)
12. OPSOMER, J.-E., **Recherches sur la « Méthodique » de l'amélioration du riz à Yagambi. I. La technique des essais**, 25 pp., 2 fig., 15 tabl., 25 fr., 1937.
13. STEYAERT, R.-L., **Présence du *Sclerospora Maydis* (RAC.) PALM (*S. javanica* PALM) au Congo belge**, 16 pp., 1 pl., 15 fr., 1937.
14. OPSOMER, J.-E., **Notes techniques sur la conduite des essais avec plantes annuelles et l'analyse des résultats**, 79 pp., 16 fig., 20 fr., 1937. (*Épuisé.*)
15. OPSOMER, J.-E., **Recherches sur la « Méthodique » de l'amélioration du riz à Yagambi. II. Études de biologie florale. — Essais d'hybridation**, 39 pp., 7 fig., 25 fr., 1938.
16. STEYAERT, R.-L., **La sélection du cotonnier pour la résistance aux stigmatomycoses**, 29 pp., 10 tabl., 8 fig., 20 fr., 1939.
17. GILBERT, G., **Observations préliminaires sur la morphologie des plantules forestières au Congo belge**, 28 pp., 7 fig., 20 fr., 1939.
18. STEYAERT, R.-L., **Notes sur deux conditions pathologiques de l'*Elaeis guineensis***, 13 pp., 5 fig., 10 fr., 1939.
19. HENDRICKX, F., **Observations sur la maladie verruqueuse des fruits du caféier**, 11 pp., 1 fig., 10 fr., 1939.
20. HENRARD, P., **Réaction de la microflore du sol aux feux de brousse. — Essai préliminaire exécuté dans la région de Kisantu**, 23 pp., 15 fr., 1939.
21. SOYER, D., **La « rosette » de l'arachide. — Recherches sur les vecteurs possibles de la maladie**, 23 pp., 7 fig., 18 fr., 1939.
22. FERRAND, M., **Observations sur les variations de la concentration du latex *in situ* par la microméthode de la goutte de latex**, 33 pp., 1 fig., 20 fr., 1941.
23. WOUTERS, W., **Contribution à la biologie florale du maïs. — Sa pollinisation libre et sa pollinisation contrôlée en Afrique centrale**, 51 pp., 11 fig., 30 fr., 1941.

24. OPSOMER, J.-E., **Contribution à l'étude de l'hétérosis chez le riz**, 30 pp., 1 fig., 18 fr., 1942.
- 24^{bis}. VRIJDAGH, J., **Étude sur la biologie des *Dysdercus supersticiosus* F. (Hemiptera)**, 19 pp., 10 tabl., 15 fr., 1941. (*Épuisé.*)
25. DE LEENHEER, L., **Introduction à l'étude minéralogique des sols du Congo belge**, 45 pp., 4 fig., 25 fr., 1944.
- 25^{bis}. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la Station de Mulungu. (Deuxième communications)**, 72 pp., 11 fig., 30 tabl., 50 fr., 1942. (*Épuisé.*)
26. HENDRICKX, F.-L., LEFÈVRE, P.-C. et LEROY, J.-V., **Les *Antestia* spp. au Kivu**, 69 pp., 9 fig., 5 graph., 50 fr., 1942. (*Épuisé.*)
27. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Contribution à l'étude génétique et biométrique des variétés d'*Elaeis guineensis* JACQUIN. (Communication n° 4 sur le palmier à huile)**, 100 pp., 9 fig., 34 tabl., 60 fr., 1941. (*Épuisé.*)
28. VRIJDAGH, J., **Étude de l'acariose du cotonnier, causée par *Hemitarsonemus latus* (BANKS) au Congo belge**, 25 pp., 6 fig., 20 fr., 1942. (*Épuisé.*)
29. SOYER, D., **Miride du Cotonnier *Creontiades pallidus* RAMB. Capsidae (Miridae)**, 15 pp., 8 fig., 25 fr., 1942. (*Épuisé.*)
30. LEFÈVRE, P.-C., **Introduction à l'étude de *Helopeltis orophila* GRESO.**, 46 pp., 6 graph., 10 tabl., 14 photos, 45 fr., 1942. (*Épuisé.*)
31. VRIJDAGH, J., **Étude comparée sur la biologie de *Dysdercus nigrofasciatus* STAL, et *Dysdercus melanoderes* KARSCH.**, 32 pp., 1 fig., 3 pl. en couleur, 40 fr., 1942. (*Épuisé.*)
32. CASTAGNE, E., ADRIAENS, L. et ISTAS, R., **Contribution à l'étude chimique de quelques bois congolais**, 30 pp., 15 fr., 1946.
33. SOYER, D., **Une nouvelle maladie du cotonnier. — La Psyllose provoquée par *Paurocephala gossypii* RUSSELL**, 40 pp., 1 pl., 9 fig., 50 fr., 1947.
34. WOUTERS, W., **Contribution à l'étude taxonomique et caryologique du genre *Gossypium* et application à l'amélioration du cotonnier au Congo belge**, 383 pp., 5 pl., 18 fig., 250 fr., 1948.
35. HENDRICKX, F.-L., ***Sylloge fungorum congensium***, 216 pp., 100 fr., 1948.
36. FOUARGE, J., **L'attaque du bois de Limba (*Terminalia superba* ENGL. et DIELS) par le *Lyctus brunneus* LE C.**, 17 pp., 9 fig., 15 fr., 1947.
37. DONIS, C., **Essai d'économie forestière au Mayumbe**, 92 pp., 3 cartes, 63 fig., 70 fr., 1948.
38. D'HOORE, J. et FRIPIAT, J., **Recherches sur les variations de structure du sol à Yangambi**, 60 pp., 8 fig., 30 fr., 1948.
39. HOMÈS, M. V., **L'alimentation minérale du Palmier à huile *Elaeis guineensis* JACO.**, 124 pp., 16 fig., 100 fr., 1949.
40. ENGELBEEN, M., **Contribution expérimentale à l'étude de la Biologie florale de *Cinchona Ledgeriana* MOENS**, 140 pp., 18 fig., 28 photos, 120 fr., 1949.
41. SCHMITZ, G., **La Pyrale du Caféier *Robusta Dichocrocis crocodora* MEYRICK, biologie et moyens de lutte**, 132 pp., 36 fig., 100 fr., 1949.
42. VANDERWEYEN, R. et ROELS, O., **Les variétés d'*Elaeis guineensis* JACQUIN du type *albescens* et l'*Elaeis melanococca* GAERTNER (em. BAILEY), Note préliminaire**, 24 pp., 16 fig., 3 pl., 30 fr., 1949.
43. GERMAIN, R., **Reconnaissance géobotanique dans le Nord du Kwango**, 22 pp., 13 fig., 25 fr., 1949.
44. LAUDELOUT H. et D'HOORE, J., **Influence du milieu sur les matières humiques en relation avec la microflore du sol dans la région de Yangambi**, 32 pp., 20 fr., 1949.
45. LÉONARD, J., **Étude botanique des copaliers du Congo belge**, 158 pp., 23 photos, 16 fig., 3 pl., 130 fr., 1950.
46. KELLOGG, C. E. et DAVOL, F. D., **An exploratory study of soil groups in the Belgian Congo**, 73 pp., 35 photos, 100 fr., 1949.
47. LAUDELOUT, H., **Étude pédologique d'un essai de fumure minérale de l'« *Elaeis* » à Yangambi**, 21 pp., 25 fr., 1950.
48. LEFÈVRE, P.-C., ***Bruchus obtectus* SAY ou Bruche des haricots (*Phaseolus vulgaris* L.)**, 68 pp., 35 fr., 1950.
49. LECOMTE, M., DE COENE, R. et CORCELLE, F., **Observations sur les réactions du cotonnier aux conditions de milieu**, 55 pp., 7 fig., 70 fr., 1951.
50. LAUDELOUT, H. et DU BOIS, H., **Microbiologie des sols latéritiques de l'Uele**, 36 pp., 30 fr., 1951.
51. DONIS, C. et MAUDOUX, E., **Sur l'uniformisation par le haut. — Une méthode de conversion des forêts sauvages**, 80 pp., 4 fig. hors texte, 100 fr., 1951.
52. GERMAIN, R., **Les associations végétales de la plaine de la Ruzizi (Congo belge) en relation avec le milieu**, 322 pp., 28 fig., 83 photos, 180 fr., 1952.
53. ISTAS, J.-R. et RAEKELBOOM, E. L., **Contribution à l'étude chimique des bois du Mayumbe**, 122 pp., 17 pl., 3 tabl., 100 fr., 1952.

54. FRIPIAT, J.-J. et GASTUCHE, M.-C., **Étude physico-chimique des surfaces des argiles. Les combinaisons de la kaolinite avec les oxydes du fer trivalent**, 60 pp., 50 fr., 1952.
55. DE LEENHEER, L., D'HOORE, J. et SYS, K., **Cartographie et caractérisation pédologique de la catena de Yangambi**, 62 pp., 50 fr., 1952.
56. RINGOET, A., **Recherches sur la transpiration et le bilan d'eau de quelques plantes tropicales (Palmier à huile, caféier, cacaoyer, etc.)**, 139 pp., 25 fig., 140 fr., 1952.
57. BARTHOLOMEW, W. V., MEYER, J. and LAUDELOUT, H., **Mineral nutrient immobilization under forest and grass fallow in the Yangambi (Belgian Congo) Region — with some preliminary results on the decomposition of plant material on the forest floor**, 27 pp., 10 tabl., 30 fr., 1953.
58. HOMÈS, M.-V., **L'alimentation minérale du cacaoyer (*Theobroma Cacao* L.)**, 128 pp., 6 fig., 125 fr., 1953.

SÉRIE TECHNIQUE

1. RINGOET, A., **Notes sur la préparation du café**, 52 pp., 13 fig., 5 fr., 1935. (*Epuisé.*)
2. SOYER, L., **Les méthodes de mensuration de la longueur des fibres du coton**, 27 pp., 12 fig., 3 fr., 1935. (*Epuisé.*)
3. SOYER, L., **Technique de l'autofécondation et de l'hybridation des fleurs du cotonnier**, 19 pp., 4 fig., 2 fr., 1935. (*Epuisé.*)
4. BEIRNAERT, A., **Germination des graines du palmier *Elaeis***, 39 pp., 7 fig., 8 fr., 1936. (*Epuisé.*)
5. WAELEKENS, M., **Travaux de sélection du coton**, 107 pp., 23 fig., 50 fr., 1936. (*Epuisé.*)
6. FERRAND, M., **La multiplication de l'*Hevea brasiliensis* au Congo belge**, 34 pp., 11 fig., 12 fr., 1936. (*Epuisé.*)
7. REYSENS, J.-L., **La production de la banane au Cameroun**, 22 pp., 20 fig., 8 fr., 1936. (*Epuisé.*)
8. PITTEY, R., **Quelques données sur l'expérimentation cotonnière. — Influence de la date des semis sur le rendement. — Essais comparatifs**, 61 pp., 47 tabl., 23 fig., 40 fr., 1936.
9. WAELEKENS, M., **La purification du Triumph Big Boll dans l'Uele**, 44 pp., 22 fig., 30 fr., 1936.
10. WAELEKENS, M., **La campagne cotonnière 1935-1936**, 46 pp., 9 fig., 25 fr., 1936.
11. WILBAUX, R., **Quelques données sur l'épuration de l'huile de palme**, 16 pp., 6 fig., 5 fr., 1937. (*Epuisé.*)
12. STOFFELS, E., **La taille du caféier *arabica* au Kivu**, 34 pp., 22 fig., 8 photos et 9 planches, 15 fr., 1937. (*Epuisé.*)
13. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du café par voie humide**, 50 pp., 3 fig., 12 fr., 1937. (*Epuisé.*)
14. SOYER, L., **Une méthode d'appréciation du coton-graines**, 30 pp., 7 fig., 9 tabl., 8 fr., 1937. (*Epuisé.*)
15. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du cacao**, 71 pp., 9 fig., 40 fr., 1937. (*Epuisé.*)
16. SOYER, D., **Les caractéristiques du cotonnier au Lomami. — Etude comparative de cinq variétés de cotonniers expérimentées à la Station de Gandajika**, 60 pp., 14 fig., 3 pl., 24 tabl., 40 fr., 1937.
17. RINGOET, A., **La culture du quinquina. — Possibilités au Congo belge**, 40 pp., 9 fig., 10 fr., 1938. (*Epuisé.*)
18. GILLAIN, J., **Contribution à l'étude de races bovines indigènes au Congo belge**, 33 pp., 16 fig., 20 fr., 1938.
19. OPSOMER, J.-E. et CARNEWAL, J., **Rapport sur les essais comparatifs de décorticage de riz exécutés à Yangambi en 1936 et 1937**, 39 pp., 6 fig., 12 tabl. hors texte, 25 fr., 1938.
20. LECOMTE, M., **Recherches sur le cotonnier dans les régions de savane de l'Uele**, 38 pp., 4 fig., 8 photos, 20 fr., 1938.
21. WILBAUX, R., **Recherches sur la préparation du café par voie humide**, 45 pp., 11 fig., 30 fr., 1938. (*Epuisé.*)
22. BANNEUX, L., **Quelques données économiques sur le coton au Congo belge**, 46 pp., 25 fr., 1938.
23. GILLAIN, J., **« East Coast Fever ». — Traitement et immunisation des bovidés**, 32 pp., 14 graphiques, 20 fr., 1939.
24. STOFFELS, E.-H.-J., **Le quinquina**, 51 pp., 21 fig., 3 pl., 12 tabl., 18 fr., 1939. (*Epuisé.*)
- 25a. FERRAND, M., **Directives pour l'établissement d'une plantation d'*Hevea* greffés au Congo belge**, 48 pp., 4 pl., 13 fig., 30 fr., 1941.
- 25b. FERRAND, M., **Aanwijzingen voor het aanleggen van een geënte *Hevea* aanplanting in Belgisch-Congo**, 51 pp., 4 pl., 13 fig., 30 fr., 1941.

26. BEIRNAERT, A., **La technique culturale sous l'Équateur**, xi-86 pp., 1 portrait héliog., 4 fig., 22 fr., 1941. (*Epuisé.*)
27. LIVENS, J., **L'étude du sol et sa nécessité au Congo belge**, 53 pp., 1 fig., 16 fr., 1943. (*Epuisé.*)
- 27^{bis}. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Note préliminaire concernant l'influence du dispositif de plantation sur les rendements. (Communication n° 1 sur le palmier à huile)**, 26 pp., 8 tabl., 10 fr., 1940. (*Epuisé.*)
28. RINGOET, A., **Note sur la culture du cacaoyer et son avenir au Congo belge**, 82 pp., 6 fig., 36 fr., 1944.
- 28^{bis}. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Les graines livrées par la Station de Yangambi. (Communication n° 2 sur le palmier à huile)**, 41 pp., 15 fr., 1941. (*Epuisé.*)
29. WAELKENS, M. et LECOMTE, M., **Le choix de la variété de coton dans les Districts de l'Uele et de l'Ubangui**, 31 pp., 7 tabl., 25 fr., 1941. (*Epuisé.*)
30. BEIRNAERT, A. et VANDERWEYEN, R., **Influence de l'origine variétale sur les rendements. (Communication n° 3 sur le palmier à huile)**, 26 pp., 8 tabl., 20 fr., 1941. (*Epuisé.*)
31. POSKIN, J.-H., **La taille du caféier robusta**, 59 pp., 8 fig., 25 photos, 60 fr., 1942. (*Epuisé.*)
32. BROUWERS, M.-J.-A., **La greffe de l'Hevea en pépinière et au champ**, 29 pp., 8 fig., 12 photos, 30 fr., 1943. (*Epuisé.*)
33. DE POERCK, R., **Note contributive à l'amélioration des agrumes au Congo belge**, 78 pp., 60 fr., 1945. (*Epuisé.*)
34. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de coton spécialement congolaises**, Première partie, 110 pp., 40 fr., 1947.
35. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de coton spécialement congolaises**, Deuxième partie, 37 pp., 40 fr., 1947.
36. LECOMTE, M., **Étude des qualités et des méthodes de multiplication des nouvelles variétés cotonnières au Congo belge**, 56 pp., 4 fig., 40 fr., 1949.
37. VANDERWEYEN, R. et MICLOTTE, H., **Valeur des graines d'Elaeis guineensis Jacq. livrées par la Station de Yangambi**, 24 pp., 15 fr., 1949.
38. FOUARGE, J., SACRE, E. et MOTTET, A., **Appropriation des bois congolais aux besoins de la Métropole**, 17 pp., 20 fr., 1950.
39. PICHEL, R.-J., **Premiers résultats en matière de sélection précoce chez l'Hevea**, 43 pp., 10 fig., 40 fr., 1951.
40. BAPTIST, A.-G., **Matériaux pour l'étude de l'économie rurale des populations de la Cuvette forestière du Congo belge**, 63 pp., 50 fr., 1951.
41. ISTAS, J.-R. et HONTOY, J., **Composition chimique et valeur papetière de quelques espèces de Bambous récoltées au Congo belge**, 23 pp., 7 tabl., 25 fr., 1952.
42. CAPOT, J., DE MEULEMEESTER, D., BRYNAERT, J. et RAES, G., **Recherches sur une plante à fibres : L'Abroma augusta L. f.**, 113 pp., 59 fig., 100 fr., 1953.

FLORE DU CONGO BELGE ET DU RUANDA-URUNDI Spermatophytes.

- Volume I, 456 pp., 43 pl., 12 fig., édition sur papier ordinaire : 300 fr., édition sur papier bible : 500 fr., 1948.
- Volume II, 620 pp., 58 pl., 9 fig., édition sur papier ordinaire : 300 fr., édition sur papier bible : 500 fr., 1951.
- Volume III, 588 pp., 40 pl., 46 fig., édition sur papier ordinaire : 300 fr., édition sur papier bible : 500 fr., 1952.

COLLECTION IN-4°

- LOUIS, J. et FOUARGE, J., **Essences forestières et bois du Congo.**
- Fascicule 1. Introduction, 72 pp., 1 tabl. + 15 pl. hors texte, 180 fr., 1953.
- Fascicule 2. *Afrormosia elata*, 22 pp., 6 pl., 3 fig., 55 fr., 1943.
- Fascicule 3. *Guarea Thompsoni*, 38 pp., 4 pl., 8 fig., 85 fr., 1944.
- Fascicule 4. *Entandrophragma palustre*, 75 pp., 4 pl., 5 fig., 180 fr., 1947.
- Fascicule 5. *Guarea Laurentii*, xiv-14 pp., 1 portrait héliog., 3 pl., 60 fr., 1948.
- Fascicule 6. *Macrolobium Dewevrei*, 44 pp., 5 pl., 4 fig., 90 fr., 1949.
- BERNARD, E., **Le climat écologique de la Cuvette centrale congolaise**, 240 pp., 36 fig., 2 cartes, 70 tabl., 300 fr., 1945.

- BULTOT, F., **Régimes normaux et cartes des précipitations dans l'Est du Congo belge (Long. : 26° à 31° Est, Lat. : 4° Nord à 5° Sud), pour la période 1930 à 1946** (Communication n° 1 du Bureau climatologique), 56 pp., 1 fig., 1 pl., 13 cartes, 300 fr., 1950.
- BULTOT, F., **Carte des régions climatiques du Congo belge établie d'après les critères de Köppen** (Communication n° 2 du Bureau climatologique), 16 pp., 1 carte, 80 fr., 1950.
- BULTOT, F., **Sur le caractère organisé de la pluie au Congo belge** (Communication n° 6 du Bureau climatologique), 16 pp., 8 cartes, 80 fr., 1952.
- * * * **Chutes de pluie au Congo belge et au Ruanda-Urundi pendant la décade 1940-1949** (Communication n° 3 du Bureau climatologique), 248 pp., 160 fr., 1951.
- * * * **Bulletin climatologique annuel du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Année 1950** (Communication n° 4 du Bureau climatologique), 103 pp., 100 fr., 1952.
- * * * **Bulletin climatologique annuel du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Année 1951** (Communication n° 5 du Bureau climatologique), 99 pp., 100 fr., 1952.
- * * * **Bulletin climatologique annuel du Congo belge et du Ruanda-Urundi. Année 1952** (Communication n° 7 du Bureau climatologique), 145 pp., 120 fr., 1953.
- DE HEINZELIN, J., **Sols, paléosols et désertifications anciennes dans le secteur nord-oriental du bassin du Congo**, 168 pp., 52 fig., 1 tabl. + 8 pl. hors texte, 250 fr., 1952.
- FOURGE, J., GÉRARD, G. et SACRE, E., **Bois du Congo**, 424 pp., 1 tabl. + 41 pl. hors texte, 400 fr., 1953.

HORS SÉRIE

- * * * **Renseignements économiques sur les plantations du secteur central de Yangambi**, 24 pp., 10 fr., 1935.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1936**, 143 pp., 48 fig., 30 fr., 1937.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1937**, 181 pp., 26 fig., 1 carte hors texte, 40 fr., 1938.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (1^{re} partie)**, 272 pp., 36 fig., 1 carte hors texte, 60 fr., 1939.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (2^e partie)**, 216 pp., 50 fr., 1939.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1939**, 301 pp., 2 fig., 1 carte hors texte, 50 fr., 1941.
- * * * **Rapport pour les Exercices 1940 et 1941**, 152 pp., 50 fr., 1943 (imprimé en Afrique). (*Epuisé.*)
- * * * **Rapport pour les Exercices 1942 et 1943**, 154 pp., 50 fr., 1944 (imprimé en Afrique). (*Epuisé.*)
- * * * **Rapport pour les Exercices 1944 et 1945**, 191 pp., 80 fr., 1947.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1946**, 184 pp., 70 fr., 1948.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1947**, 217 pp., 80 fr., 1948.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1948**, 290 pp., 150 fr., 1949.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1949**, 306 pp., 150 fr., 1950.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1950**, 392 pp., 160 fr., 1951.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1951**, 436 pp., 160 fr., 1952.
- * * * **Jaarverslag voor het dienstjaar 1951**, 438 pp., 160 fr., 1953.
- * * * **Rapport annuel pour l'Exercice 1952**, 396 pp., 160 fr., 1953.
- GOEDERT, P., **Le régime pluvial au Congo belge**, 45 pp., 4 tabl., 15 planches et 2 graphiques hors texte, 40 fr., 1938.
- BELOT, R.-M., **La sériciculture au Congo belge**, 148 pp., 65 fig., 15 fr., 1938. (*Epuisé.*)
- BAEYENS, J., **Les sols de l'Afrique centrale et spécialement du Congo belge, tome I. Le Bas-Congo**, 375 pp., 9 cartes, 31 fig., 40 photos, 50 tabl., 150 fr., 1938. (*Epuisé.*)
- LEBRUN, J., **Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo**, 183 pp., 19 pl., 80 fr., 1941. (*Epuisé.*)
- TONDEUR, R., **Recherches chimiques sur les alcaloïdes de l' « Erythrophleum »**, 52 pp., 50 fr., 1950.
- * * * **Communications de l'I.N.É.A.C., Recueil n° 1**, 66 pp., 7 fig., 60 fr., 1943. (Imprimé en Afrique.)
- * * * **Communications de l'I.N.É.A.C., Recueil n° 2**, 144 pp., 60 fr., 1945. (Imprimé en Afrique.)
- * * * **Comptes rendus de la Semaine agricole de Yangambi (du 26 février au 5 mars 1947)**, 2 vol. illustr., 952 pp., 500 fr., 1947.

FICHES BIBLIOGRAPHIQUES

Les fiches bibliographiques éditées par l'Institut peuvent être distribuées au public moyennant un abonnement annuel de 500 francs (pour l'étranger, port en plus). Cette documentation bibliographique est éditée bimensuellement, en fascicules d'importance variable, et comprend environ 3.000 fiches chaque année. Elle résulte du recensement régulier des acquisitions des bibliothèques de l'Institut qui reçoivent la plupart des publications périodiques et des ouvrages de fond intéressant la recherche agronomique en général et plus spécialement la mise en valeur agricole des pays tropicaux et subtropicaux.

Outre les indications bibliographiques habituelles, ces fiches comportent un indice de classification (établi d'après un système empirique calqué sur l'organisation de l'Institut) et un compte rendu sommaire en quelques lignes.

Un fascicule-spécimen peut être obtenu sur demande.

BULLETIN D'INFORMATION DE L'I. N. É. A. C.

1. Publié sous la même couverture que le *Bulletin agricole du Congo belge* (s'adresser à la Rédaction de ce dernier Bulletin, au Ministère des Colonies, 7, place Royale, Bruxelles).

2. Publié séparément (s'adresser à l'I. N. É. A. C.) :

Vol. I, 1952 (trimestriel) : 75 fr.

Vol. II, 1953 (bimestriel) : 100 fr.

B. COMITÉ DE DIRECTION.

Président :

M. JURION, F., Directeur Général de l'I. N. E. A. C.

Secrétaire :

M. LEBRUN, J., Secrétaire Général de l'I. N. E. A. C.

Membres :

MM. GILLIEAUX, P., Membre du Comité Cotonnier Congolais;

HENRARD, J., Directeur du Service de l'Agriculture, des Forêts, de l'Élevage et de la Colonisation, au Ministère des Colonies;

HOMÈS, M., Professeur à l'Université de Bruxelles;

OPSOMER, J., Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain;

STOFFELS, E., Professeur à l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux;

VAN STRAELEN, V., Président de l'Institut des Parcs Nationaux du Congo Belge.

Représentant du Ministre des Colonies :

M. STANER, P., Inspecteur Royal des Colonies.

C. DIRECTEUR GÉNÉRAL.

M. JURION, F.
