

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

L'ALIMENTATION MINÉRALE  
DU PALMIER A HUILE

*Elaeis guineensis* JACQ.

PAR

**Marcel V. HOMÈS**

Professeur à l'Université de Bruxelles  
Membre du Comité de Direction  
de l'INÉAC

---

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 39

1949

---

---

PRIX : 100 FR.

---

# Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge

## I. N. É. A. C.

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

L'INÉAC, 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. Études, recherches, expérimentation et, en général, tous travaux quelconques se rapportant à son objet.

### Administration :

#### A. COMMISSION.

##### *Président :*

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

##### *Vice-Président :*

**M. VANDEN ABEELE, M.**, Directeur Général du Service de l'Agriculture au Ministère des Colonies.

##### *Secrétaire :*

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

##### *Membres :*

- MM. ANTOINE, V.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain;  
**ASSELBERGHS, E.**, Membre de l'Académie Royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;  
**BAEYENS, J.**, Professeur à l'Université de Louvain;  
**BOULLENNE, R.**, Professeur à l'Université de Liège;  
**CONARD, A.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**DEBAUCHE, H.**, Professeur à l'Institut Agronomique de Louvain;  
**DE BAUW, A.**, Président du Comité Cotonnier Congolais;  
**DELEVOY, G.**, Membre de l'Institut Royal Colonial Belge;  
**DUBOIS, A.**, Professeur à l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold »;  
**GEURDEN, L.**, Professeur à l'École de Médecine Vétérinaire de l'État, à Gand;  
**GUILLAUME, A.**, Secrétaire Général du Comité Spécial du Katanga;  
**HAUMAN, L.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**HOMÈS, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**MAYNÉ, R.**, Recteur de l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux;  
**MULLIE, G.**, Vice-Président du Sénat, Membre du Conseil d'Administration du Fonds National de la Recherche Scientifique;  
**PONCELET, L.**, Météorologiste à l'Institut Royal Météorologique d'Uccle;  
**ROBERT, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**ROBYNS, W.**, Membre de l'Académie Royale Flamande des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts de Belgique;  
**RODHAIN, J.**, Directeur de l'Institut de Médecine Tropicale « Prince Léopold », à Anvers;  
**STANER, P.**, Directeur au Ministère des Colonies;



## ERRATA

| <i>Page</i> | <i>Ligne</i> | <i>Au lieu de</i>   | <i>Lire</i>               |
|-------------|--------------|---------------------|---------------------------|
| 12          | 19           | en milliéquivalents | en milliéquivalents/100 g |
| 13          | 29           | 9 plantes           | 8 plantes                 |
| 13          | 31           | 9 plantes           | 8 plantes                 |
| 18          | 13           | qu'elle             | qu'il                     |
| 25          | tableau 1    | proportions anions  | proportions des anions    |
| 30          | 16           | ont reçu            | a reçu                    |
| 42          | 12           | à exprimer          | d'exprimer                |
| 47          | 18           | poins               | point                     |
| 48          | 11           | riches              | pauvres                   |
| 51          | dernière     | ultérieurement      | antérieurement            |
| 65          | 13           | 1, 4 et 5           | 1, 4, 5 et 6              |
| 68          | 3            | ceux                | celui                     |
| 101         | 13           | série 9             | solution 9                |
| 102         | 8            | augmentation        | argumentation             |

*En outre :*

page 22, ligne 14, supprimer « les inions »;

» 35, » 13, » « suivant »;

» 27, diagramme 2, lire Mg et non Hg;

les valeurs figurant au tableau 19 se rapportent en fait au tableau 20 et réciproquement.

*Photos :*

photo 1 — Titre : Vue générale des installations;

photo 2 — Titre : Déformation des charpentes.

*N. B.* — La numérotation des lignes s'entend compte non tenu des tableaux et des titres.





L'ALIMENTATION MINÉRALE  
DU PALMIER A HUILE

*Elaeis guineensis* JACQ.



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

L'ALIMENTATION MINÉRALE  
DU PALMIER A HUILE  
*Elaeis guineensis* JACQ.

PAR

**Marcel V. HOMÈS**

Professeur à l'Université de Bruxelles  
Membre du Comité de Direction  
de l'INÉAC

SÉRIE SCIENTIFIQUE N° 39  
1949



*Ce travail a été réalisé, pour sa partie expérimentale, au Centre de Recherches de l'Institut National pour l'Étude Agronomique du Congo Belge à Yangambi.*

*Le travail de dépouillement a principalement été conduit au Centre d'Études et de Recherches sur l'Aquiculture annexé à l'Université de Bruxelles et placé sous l'égide de l'Institut pour l'Encouragement de la Recherche Scientifique dans l'Industrie et l'Agriculture.*

*Les méthodes de travail et les principes sur lesquels il est basé résultent des travaux de ce Centre.*

*Nous tenons à exprimer notre reconnaissance à M. Arthur Ringoet qui a, en notre absence, conduit les expériences à Yangambi et à M<sup>lle</sup> Germaine Van Schoor et M<sup>me</sup> Doris Wolff qui ont participé avec un inlassable dévouement à l'étude des données numériques.*

*Nous sommes enfin particulièrement reconnaissant au Comité de Direction de l'INÉAC, qui a bien voulu nous confier la direction et l'organisation de cette recherche.*

*Marcel V. HOMÈS.*



## TABLE DES MATIÈRES

|  |         |
|--|---------|
| INTRODUCTION . . . . .   | 9       |
| Aspect matériel de l'expérience . . . . .  | 9       |
| Aspect théorique (principes de base) . . . . .   | 16      |
| <br><i>PREMIÈRE PARTIE : Résultats expérimentaux.</i>                                  |         |
| 1. Allure générale de l'expérience . . . . .   | 29      |
| 2. Croissance en hauteur . . . . .   | 30      |
| 3. Développement en largeur . . . . .  | 35      |
| 4. Nombre de feuilles formées . . . . .  | 38      |
| 5. Jaunissement des feuilles . . . . .   | 42      |
| 6. Le rendement en poids frais . . . . .   | 49      |
| 7. Le rendement en poids sec . . . . .   | 81      |
| 8. L'hydratation des tissus . . . . .  | 110     |
| 9. Les proportions entre les diverses parties des plantes . . . . .                    | 110     |
| 10. Effet de la quantité d'aliments . . . . .  | 111     |
| <br><i>DEUXIÈME PARTIE : Discussion générale.</i>                                      |         |
| 1. Le développement du palmier à huile dans les conditions<br>expérimentales . . . . . | 113     |
| 2. Résumé de l'effet des diverses formules soumises à l'expérience . . . . .           | 114     |
| 3. Le principe des équilibres totaux dans les formules d'engrais . . . . .             | 121     |
| <br>CONCLUSIONS SOMMAIRES . . . . .  | <br>123 |





## INTRODUCTION

Des expériences culturales ont été entreprises à plusieurs reprises sur l'application d'engrais minéraux dans les plantations de palmier à huile au Congo belge.

D'une façon générale, elles n'ont guère été couronnées de succès. Ces expériences ont comporté l'application d'engrais isolés ou de formules complexes, mais il est difficile d'y voir un plan précis qui tende à étudier systématiquement les combinaisons possibles des divers éléments nutritifs.

Le Comité de Direction de l'INÉAC a donc estimé utile de reprendre le problème à la base et de rechercher en premier lieu l'équilibre nutritif le plus favorable au développement du Palmier à huile. Cela suggérait immédiatement la mise en route d'expériences de culture contrôlée sur substrat dépourvu de valeur nutritive.

Une telle recherche devait naturellement comporter dans la suite des expériences conçues en vue d'étudier le passage de ces conditions artificielles aux conditions ordinaires de la culture. Cet aspect du problème sera envisagé dans un travail ultérieur.

D'autre part, dans sa première phase elle-même, l'expérimentation se heurtait à de nombreuses difficultés inconnues, dues notamment au climat et à la nature du sujet d'expérience. C'est à la solution de ces difficultés que l'expérience devait en premier lieu répondre.

Enfin, il était nécessaire de se rendre compte des raisons qui pouvaient expliquer les succès antérieurs. Sans aucun doute ceux-ci sont, au moins en partie, dus au sol lui-même. Mais, dans certains cas, l'absence de réaction de la part du végétal vis-à-vis des engrais ou certaines réactions contradictoires laissaient supposer que des causes d'ordre physiologique pouvaient aussi être intervenues.

En abordant le problème, deux aspects se présentaient donc à l'esprit avant de procéder à l'expérimentation elle-même : le choix, à priori, sur une base raisonnée, des conditions matérielles de l'expérience, l'adoption dans la conception théorique de la recherche de principes susceptibles de mettre en évidence des facteurs jusqu'ici peu connus.

### ASPECT MATÉRIEL DE L'EXPÉRIMENTATION

Le problème pratique se ramenait à adapter à la culture de l'*Elaeis*, dans son ambiance naturelle, la méthode de l'expérimentation en vases de végétation. Étant donné le développement considérable rapidement

atteint par le palmier à huile, une première limitation s'imposait : celle de la réduction de l'expérience au jeune âge de la plante.

A l'aide de l'installation expérimentale qui sera décrite ci-dessous, nous espérons pouvoir suivre cette culture pendant une durée de deux ans environ. Dans cette première note, nous donnerons les résultats d'une première étape de l'expérience, d'une durée d'un an à partir du repiquage de la plante dans les bacs de culture. Même avec la restriction qui vient d'être signalée, la dimension de ces bacs et l'ampleur de l'installation expérimentale deviennent rapidement considérables.

Sur la base des considérations qui viennent d'être émises, l'installation expérimentale à réaliser devait répondre à deux conditions :

1. Tenir compte du climat local (région équatoriale);
2. Etre réalisable en un temps bref et sur place.

Ces conditions ont déterminé les caractéristiques de l'installation matérielle à plusieurs points de vue qui sont examinés ci-dessous.

## 1. Abris vitrés.

La considération du climat, aussi bien d'ailleurs que les dimensions du sujet d'expérience, interdisaient l'emploi de serres. La violence des pluies tropicales exige cependant d'abriter les bacs de culture, car l'abondance des précipitations causerait un drainage intense des éléments solubles utilisés pour l'expérimentation.

Nous avons satisfait à cette exigence en recourant à l'emploi d'abris vitrés sans flancs. Pour le choix du profil et des dimensions de ces abris, on a tenu compte de l'encombrement probable des plantes et de l'angle de chute des pluies, tel que ce dernier élément a pu être déterminé par une série d'observations. La figure 1 illustre ce point. On peut noter que l'expérience d'un an a justifié le choix des caractéristiques de ces abris.

L'installation première a comporté 18 abris de 30 m<sup>2</sup> chacun et a depuis été doublée.

Ceci rend compatible l'encombrement très grand du sujet avec le nombre des répétitions indispensables.

La seconde condition préalable (urgence et matériaux locaux) a impliqué l'emploi de charpentes de bois frais, c'est-à-dire susceptibles de se déformer rapidement. L'expérience a confirmé que ces déformations étaient importantes.

Nous pensons être utile à de futurs expérimentateurs en exposant la solution adoptée pour parer à cet inconvénient, solution qui s'est trouvée satisfaisante.

La couverture vitrée, au lieu d'être fixe et continue, ce qui aurait pu entraîner le bris par les déformations de la charpente, a été constituée d'un ensemble de châssis (cadres métalliques) indépendants, accrochés aux chevrons de la charpente, mais susceptibles, lors de la déformation

## INTRODUCTION

de celle-ci, de se déplacer légèrement les uns par rapport aux autres. Chaque châssis étant fixé en un seul point, la déformation du bois entraîne leur déplacement mais non leur bris. L'expérience a montré à la fois la nécessité de ce dispositif et son efficacité. Des couvre-joints en zinc recouvrent les espaces existant à la jonction des châssis et assurent

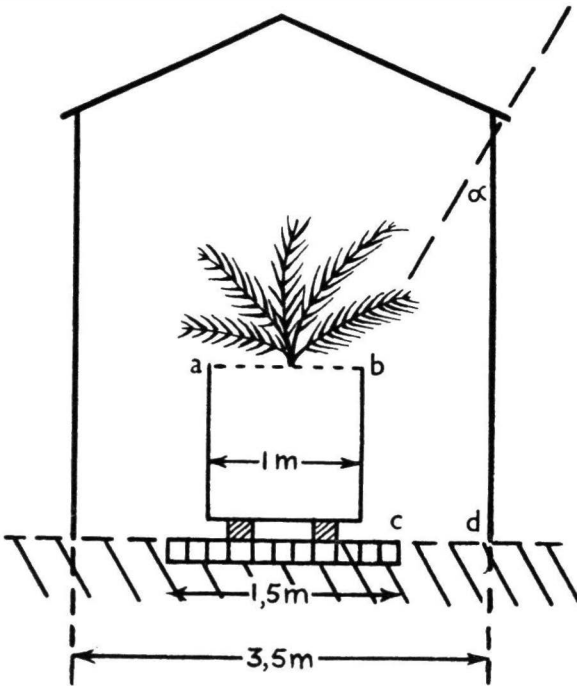


FIG. 1. Coupe schématique d'un abri vitré.

a b = plan supérieur des bacs de culture.

c d = garde pour la pluie tombant sous l'angle  $\alpha$ .

$\alpha$  = angle de pluie.

l'étanchéité de la couverture. Ce dernier détail (bandes de zinc) n'a pu être installé dès le début et il n'en est pas résulté d'inconvénient majeur pendant près d'un an.

Sous chaque abri une sole de briques cimentées a été établie pour supporter les bacs de culture.

## 2. Les bacs de culture.

Toujours pour les mêmes raisons, ces bacs ont dû être construits en bois. Dans l'extension de l'installation expérimentale, des bacs en matériaux durables ont été utilisés. Ces nouveaux bacs seront décrits dans une note ultérieure. Il est utile d'indiquer que les bacs de bois, de forme approximativement cubique et enduits de couleur asphaltique, ont résisté aux intempéries et au traitement expérimental pendant plus d'un an et qu'ils ont parfaitement permis l'obtention de résultats bien manifestes. Ces bacs étaient munis, sur une face latérale, d'un regard vitré,

## L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

fermé par un volet et permettant de contrôler le degré de développement du système racinaire.

Les bacs de bois ne sont pas étanches. C'est ce qui nous a obligés, dans cette première expérimentation, à remplacer l'incorporation d'engrais par l'adjonction de solutions nutritives.

L'expérience, comme il sera expliqué plus loin, a comporté trois séries dans lesquelles les bacs avaient respectivement les dimensions suivantes :

| Séries | Dimensions utiles en centimètres |         |         | Capacité utile en dm <sup>3</sup> |
|--------|----------------------------------|---------|---------|-----------------------------------|
|        | Longueur                         | Largeur | Hauteur |                                   |
| A      | 100                              | 100     | 100     | 1000                              |
| B      | 50                               | 50      | 60      | 150                               |
| C      | 40                               | 40      | 50      | 80                                |

Septante-deux bacs de chaque type ont été construits. Une telle installation est déjà considérable et on en aura une idée par le fait qu'elle exigeait l'emploi de 100 m<sup>3</sup> de sable pour la culture. Sous peine de ne pas mettre à profit la première année (1947-48) d'expérience, on a dû se résoudre à tamiser seulement ce sable et non à le laver, en raison du travail considérable qu'en a exigé le dragage, le transport et la mise en place. Avant tamisage, qui réduit surtout la teneur en carbone (débris végétaux), ce sable avait les caractéristiques suivantes :

|   |      |
|---|------|
| Carbone en % . . . . .                                | 0,1  |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> en mgr/ 100 g . . . . . | 0,4  |
| Bases échangeables en milliéquivalents . . . . .      | 0,5  |
| Sable gros en % . . . . .                             | 74,5 |
| Sable fin en % . . . . .                              | 24,2 |
| Argile et limon en % . . . . .                        | 1,3  |

Enfin, l'eau d'arrosage (dont il a fallu plus d'un m<sup>3</sup> par jour) devait être aussi exempte que possible de sels nutritifs. La seule eau disponible sur place en telles quantités était l'eau de pluie recueillie des abris vitrés.

L'ensemble des approximations qui viennent d'être exposées eussent pu faire douter de la possibilité de réaliser utilement l'expérience.

Placés devant le choix d'accepter ces approximations ou de ne rien réaliser, nous avons estimé pouvoir entreprendre les expériences sur cette base avec assez de chances de réussite. Le résultat exprimé plus loin montre que des différences en rapport avec les traitements ont été réellement obtenues. Ils ont donc justifié nos espoirs.

### 3. Matériel végétal.

Nous avons utilisé une population d'*Elaeis guineensis tenera* × *tenera* préalablement traitée comme les plantes destinées à la plantation réelle et conservées jusqu'au moment du début de l'expérience en pépinière.

Le début de notre expérience est donc à comparer à la mise en pépinière dans la pratique culturale ordinaire.

En fait le départ de cette expérience (30 juin 1947) a été légèrement retardé par rapport aux prévisions et, pour cette raison, les plantes avaient dépassé quelque peu le stade habituellement utilisé pour la mise en pépinière de jeunes plants d'*Elaeis*.

C'était là une petite difficulté au départ qui s'est traduite par un déchet peut-être un peu trop élevé à la reprise, mais les remplacements nécessaires ont pu rapidement être exécutés et, en fait, l'expérience n'a pas souffert de cette condition défavorable au départ.

Il y avait en tout 216 bacs de culture; 216 plantes ont été choisies parmi un bon millier comme étant d'aspect aussi semblable que possible; en outre, dans les grands bacs de culture d'un mètre cube, en plus de la plante centrale, 4 plantes, soit 288 en tout, ont été placées aux angles. Ces plantes choisies comme étant d'aspect très voisin entre elles étaient toutefois légèrement différentes (plus jeunes) des plantes du premier groupe qui sont donc les plantes centrales de tous les bacs de culture. Au total 504 plantes ont été mises en expérience.

Il importe d'avoir une idée de l'homogénéité du matériel de départ et c'est ce qu'indiquent les données suivantes :

Poids des plantes au départ (plantes centrales) : Moyenne sur 144 plantes :  $8,4 \text{ g} \pm 0,2$ .

Les moyennes par groupes de 8 plantes diffèrent au maximum (cas extrêmes parmi 36 comparaisons entre groupes de 9 plantes) de 1,2 g.

La déviation standard de la moyenne sur les moyennes de 9 plantes varie de 0,6 à 1,1.

Aucune différence significative entre les moyennes de lots de 72, de 8 ou de 4 plantes.

### 4. Technique culturale.

Nous avons déjà vu comment les bacs étaient constitués et quel genre de sable a été utilisé; il nous reste, pour décrire la technique culturale proprement dite, à préciser deux points :

a) *Adjonction des éléments minéraux.*

Dans la plupart des expériences portant sur les engrais chimiques, on

incorpore une certaine quantité de produits secs au sable. Les récipients sont alors de l'un ou l'autre des deux types suivants :

Soit des récipients étanches, par exemple en terre vernissée, dans lesquels la quantité d'eau que l'on ajoute est simplement destinée à maintenir une certaine humidité et ne peut entraîner par drainage aucune partie des engrais ajoutés au substrat;

Soit des récipients du type de ceux utilisés par MITSCHERLICH et dans lesquels le trop-plein de l'eau d'arrosage s'écoule dans un petit réservoir. Cet excédent de liquide est repassé chaque jour sur le sol avec la nouvelle quantité d'eau nécessaire à l'arrosage. On ramène ainsi dans le récipient de culture le produit qui en aurait été enlevé par drainage.

L'une et l'autre de ces techniques ont comme conséquence qu'aucune partie des produits minéraux présents au début dans le récipient de culture ne peut se perdre.

Ces substances sont toujours à la disposition de la plante et sont donc réparties finalement, soit dans la plante où elles sont entrées comme éléments constitutifs, soit dans le sol où on les retrouve comme éléments résiduels.

Dans le cas qui nous occupe nous ne disposions pas de récipients étanches et d'autre part il était impossible à l'échelle à laquelle nous travaillions de concevoir un système praticable de récupération des liquides de drainage.

Nous devons donc opérer suivant la technique qui correspond à ce que l'on appelle en aquiculture « la méthode à liquide perdu », c'est-à-dire que l'eau d'arrosage percole librement au travers du substrat, son excès s'écoule au bas du récipient, est perdu et entraîne éventuellement une partie des sels qui ont été ajoutés au substrat.

Si l'adjonction des solutions est suffisamment progressive, la perte d'éléments nutritifs est minime.

Les sels minéraux correspondant aux formules que nous voulions soumettre à expérience étaient donc ajoutés, non en une seule fois à l'état de produits secs, mais par doses au long de la croissance du végétal, chacune de ces doses correspond environ à la quantité de sels nécessaire pour élaborer ce que l'on peut normalement prévoir comme développement pendant la période sur laquelle porte l'adjonction de doses.

Comme l'allure de cette croissance ne nous était pas connue d'avance avec précision, nous avons adopté deux concentrations différentes, l'une légèrement inférieure et l'autre supérieure à la quantité minimum prévue.

Ces deux concentrations embrassaient donc celle qui était probablement indispensable à produire une croissance normale du végétal. Elles étaient entre elles dans le rapport de 1 à 3.

Ces doses étaient ajoutées sous forme de solutions ou éventuellement même de suspensions lorsqu'une partie des produits était insoluble.

La dose nécessaire à chaque adjonction était un volume variable

## INTRODUCTION

d'une même solution-mère utilisée pendant toute l'expérience pour chaque traitement.

Ces solutions-mères sont faites à la concentration de 2 équivalents-grammes/litre.

Dans chacune des deux séries de concentrations (concentration dite simple ou triple), toutes les plantes reçoivent donc finalement un même nombre d'ions-grammes, quel que soit le traitement.

Pour le calcul de ces doses et pour le calcul du rythme de leur adjonction nous nous sommes basé sur les éléments suivants : les observations précédentes de la division du palmier *Elaeis* à la station de l'INÉAC à Yangambi nous mettaient en mesure d'établir très approximativement une courbe de croissance du palmier au cours de sa première année.

Pour chacun des points de cette courbe de croissance nous avons calculé la quantité de cendres et l'azote normalement présents dans le palmier sur la base des analyses trouvées dans la littérature et des données propres de la division du palmier *Elaeis* de l'INÉAC (principalement le travail de R. WILBAUX <sup>1</sup>).

Nous avons ainsi obtenu une courbe de croissance réduite à la somme des éléments d'origine minérale que la plante possède aux différentes étapes de sa vie.

Divisant alors cette courbe de croissance en sections correspondant à des intervalles de temps de 15 jours, il nous était possible, par différence, d'obtenir la quantité de sels vraisemblablement nécessaire pour assurer la croissance pendant la période en question. C'est autour de cette dose calculée de la sorte que nous avons pris la marge de sécurité à laquelle nous avons fait allusion plus haut, c'est-à-dire que nous avons utilisé une concentration faible, légèrement inférieure à la dose minimum prévue, suivant le raisonnement que nous venons de faire, avec l'espoir que cette dose minimum ferait éventuellement apparaître assez vite les cas de carence proprement dite (c'est-à-dire, les cas où la croissance serait arrêtée par le manque ou l'insuffisance d'un élément donné).

La concentration plus forte, égale au triple de la première, a été utilisée avec l'espoir de voir apparaître l'effet d'un déséquilibre minéral à un moment où la quantité absolue de chaque élément était cependant à ce moment encore suffisante pour qu'on ne puisse pas considérer qu'il y avait carence ou déficience.

### b) *Adjonction de l'eau.*

Le sable utilisé pour la culture était un sable relativement grossier. Nous avons déjà dit qu'il était impossible de le laisser exposé aux pluies tropicales parce que leur violence aurait provoqué un drainage tellement

1. R. WILBAUX. *Les besoins du palmier à huile en matières nutritives.* Bull. agric. du Congo belge, 28, 574-586, 1937.



rapide des éléments dissous qu'il eût été impossible de maintenir, entre deux applications de doses, une concentration suffisante à assurer une croissance normale. Il fallait donc, protégeant les bacs de culture des pluies, assurer d'autre part l'arrosage artificiellement.

On ne pouvait se contenter d'arroser ces bacs par une quantité d'eau égale à celle de la précipitation normale; en effet, le pouvoir rétentif trop faible du sable aurait fait que, entre deux arrosages, le niveau d'hydratation du sol serait descendu dangereusement bas et aurait pu provoquer des accidents ou même la mort éventuelle des sujets.

L'expérience a d'ailleurs confirmé parfaitement ce danger.

Nous avons donc dû décider arbitrairement de la quantité d'eau nécessaire à maintenir la plante en vie, et c'est par quelques tâtonnements que nous sommes arrivé à établir ces quantités.

Entre le début de l'expérience (30 juin 1947) et le mois de février 1948, les quantités d'eau ont été les suivantes :

1 l, 2,5 l, 10 l respectivement pour les séries de bacs de 80 dm<sup>3</sup>, 150 dm<sup>3</sup> et 1000 dm<sup>3</sup>.

En février, les deux premières séries ont été arrêtées et leur croissance, dans l'ensemble suffisante, est analysée dans les pages qui suivent. Il paraissait néanmoins à ce moment que la quantité d'eau utilisée avait pu être légèrement inférieure aux nécessités et, à partir de ce moment, pour la série des bacs de 1000 dm<sup>3</sup>, l'arrosage s'est fait à raison de 20 litres par jour.

La combinaison de l'adjonction des éléments minéraux, sous forme de solutions ou de suspensions, par doses tous les 15 jours, et de l'adjonction de l'eau d'irrigation par doses quotidiennes pouvant entraîner éventuellement une partie des éléments dissous, correspond bien aux deux éléments de la technique d'aquiculture à liquide perdu.

## ASPECT THÉORIQUE (*principes de base*)

### 1. Les principes habituels.

Dans l'étude des engrais, on considère au premier chef que les substances minérales que l'on ajoute à un sol sont destinées à compenser celles que la récolte des plantes enlève à ce sol.

En d'autres termes, on pratique par la méthode des engrais la *restitution des quantités de minéraux exportées*.

Le second principe consiste en ce que les formules mises à l'étude par l'une ou l'autre des méthodes auxquelles il a été fait allusion dans le premier paragraphe, sont constituées en réalisant des variations de proportions entre l'azote, l'anhydride phosphorique et l'oxyde de potasse, la somme pondérale de ces trois corps étant maintenue constante.

## INTRODUCTION

Ceci a comme conséquence que, dans la pratique, on compare entre elles les formules correspondant à l'adjonction à l'hectare d'une *même masse de ces éléments* considérés comme actifs.

A côté de ces engrais proprement dits dont la formule varie suivant les recherches sur les proportions d'azote, de phosphore et de potasse, on sait fort bien qu'il est indispensable d'ajouter d'autres éléments, notamment la chaux, mais ces éléments-là sont considérés plutôt comme des amendements.

Ils sont additionnés au sol en quantités jugées suffisantes pour assurer une végétation normale, mais sans qu'il y ait recherche d'une proportion exacte entre la quantité de chaux, par exemple, et celle de potasse introduite dans l'engrais principal.

En résumé, la recherche agricole repose habituellement sur le principe que l'équilibre à respecter est celui qui existe entre l'azote, le phosphore et la potasse; en second lieu, que, pour la détermination de cet équilibre, c'est la somme pondérale de l'azote élémentaire, de l'anhydride phosphorique et de l'oxyde de potassium que l'on maintient constante lorsque les proportions varient; enfin, que, la somme totale des éléments ajoutés sous forme d'engrais est essentiellement destinée à compenser l'exportation des substances minérales par les récoltes.

Notons que, en fait, les engrais étant mis avant la récolte et étant calculés en fonction de la récolte que l'on désire obtenir et non pas de celle qui a été obtenue précédemment dans la saison antérieure, cette notion de restitution est déjà faussée, puisqu'en fait on donne d'avance au sol la quantité d'éléments que l'on considère comme devant être probablement exportée et l'on peut se demander dans ce cas-là si ce ne sont pas les engrais directement fournis qui sont immédiatement utilisés plutôt que les éléments provenant du sol et que ces engrais doivent au contraire remplacer suivant la notion de la restitution.

## **2. Les principes admis dans la recherche présente.**

### *a) En ce qui concerne le substrat.*

La recherche étant destinée à déterminer les possibilités d'applications chimiques aux grandes cultures tropicales d'une manière pratique, il est bien clair que le but final est l'application d'engrais au sol.

Il est aussi certain que cette dernière étape repose sur la connaissance d'éléments d'ordre purement pédologique à côté des éléments physiologiques que nous visons à déterminer.

Sans préjuger des difficultés particulières inhérentes à la structure du sol et qui seront à résoudre dans ces dernières étapes, nous pouvons toutefois considérer que notre recherche part de conditions relativement

artificielles et devra finalement atteindre les conditions de la pratique réelle en passant par les étapes suivantes :

1. *La culture sur sable, arrosé de solutions* suivant la technique culturale qui a été décrite page 13.

2. *La culture sur ce même sable additionné d'engrais composés* suivant les résultats de la première étape, mais incorporés en une fois au début de la végétation, soit sous forme de solutions, soit sous forme de produits secs.

3. *Influence de quantités connues de limon ou d'argile* incorporées au sol sableux servant aux premières expériences.

Dans cette dernière étape de l'expérimentation, l'arrosage aura pratiquement des conséquences, sinon identiques au point de vue quantitatif, en tout cas de même nature que celles qu'elle entraîne dans un sol réel.

Il nous sera possible de voir si le drainage est différent lorsqu'il y a des éléments limoneux ou argileux dans le sol, si les engrais ajoutés à l'état sec ou à l'état de solutions agissent différemment, si la dose d'engrais peut être ajoutée en une fois pour une période de six mois ou d'un an, enfin, quelles seront les réactions dans l'étape finale de la recherche, c'est-à-dire lorsque ces sols complexes constitués artificiellement seront remplacés par de la terre naturelle remise en vase de végétation.

4. En dernier lieu, *l'application des résultats obtenus dans ces étapes précédentes, à des plantations en place, achèvera l'expérimentation.*

L'ordre que nous venons d'esquisser peut être considéré comme ce que l'on pourrait appeler l'ordre logique.

En théorie, nous ne pourrions passer aux dernières étapes que dans un avenir très lointain, d'autant plus que la considération logique exigerait encore que l'étude de l'effet des engrais soit suivie sur la plante aux différentes étapes de sa vie (phase végétative et phase reproductrice), ce qui implique la seule poursuite de la première étape pendant plusieurs années avant de passer à la seconde.

D'un point de vue pratique, il est évidemment impossible de procéder de la sorte, aussi avons-nous dès l'année 1948 mis en route l'expérimentation des différentes étapes auxquelles il vient d'être fait allusion pendant que la première se poursuit en vue de la répétition et de la précision des expériences.

Cette manière de faire risque d'entraîner à un moment donné une modification de programme résultant de ce qui aurait été trouvé dans l'entretemps dans la recherche expérimentale des premières étapes, mais par contre, elle permet de passer à la pratique sur la base provisoire des résultats acquis dans un laps de temps beaucoup plus court et d'envisager ainsi la possibilité d'appliquer réellement des engrais en plantations dans un avenir assez proche.

## INTRODUCTION

b) *Au point de vue de la composition des formules minérales à essayer.*

Parmi les principes que nous admettons à la base de nos recherches, certains sont en quelque sorte d'ordre négatif, c'est-à-dire qu'ils se ramènent à la suppression de certaines conventions courantes.

En effet, à priori, nous considérons comme inopportun de maintenir constante la somme pondérale d'éléments tels que l'azote, l'acide phosphorique exprimé en anhydride et l'oxyde de potassium, étant donné qu'à aucune étape de la vie végétale ou lors des échanges qui se passent dans le sol, ces éléments n'existent sous forme d'élément, d'anhydride ou d'oxyde et n'interviennent dans une réaction sous cette forme-là.

Etant donné que dans l'ensemble des phénomènes chimiques qui régissent la vie de la plante, comme d'une manière générale d'ailleurs dans tous les phénomènes chimiques, ce sont les ions qui sont les plus importants, il nous paraît plus logique de maintenir constante la somme des ions et non la somme des groupements chimiques en réalité inexistantes dans la nature.

Il était évidemment nécessaire de maintenir quelque chose de constant dans toutes les expériences et nous nous rendons parfaitement compte qu'il restera toujours de l'arbitraire à admettre comme constante une somme d'éléments plutôt qu'une autre.

Toutefois, si même le choix de l'ion ou plus exactement de l'équivalent chimique comporte encore un certain arbitraire, il se justifie cependant, d'un point de vue théorique, par l'intervention des ions dans les réactions chimiques, par leur substitution sur la base des équivalents, grammes et par le fait qu'ils interviennent aussi dans beaucoup de phénomènes physiques.

Il est certain, par contre, que l'autre choix, celui de la constance pondérale de la somme  $N + P^2 O^5 + K^2 O$ , également arbitraire, n'a en sa faveur aucun de ces arguments théoriques.

Dans les conclusions de ce travail nous pourrions d'ailleurs comparer la valeur de ces deux conceptions.

Le premier principe de notre expérimentation a donc été l'abandon de la somme pondérale  $N - P^2 O^5 - K^2 O$ .

Le second principe a été l'abandon de la recherche d'un équilibre entre ces trois corps seulement, équilibre qui nous paraît trop limité, et de remplacer ce principe abandonné par celui que nous allons décrire ci-dessous.

Enfin, pour souligner dès l'abord les principes habituels dont nous sommes écartés, disons immédiatement que la notion d'exportation pure et simple a été abandonnée et remplacée par d'autres que nous allons exposer ci-dessous.

Nous passons donc à l'examen des principes positifs admis comme base à la recherche.

L'essentiel de ces principes réside dans la tentative d'appliquer à la

plante entière les phénomènes déjà relativement connus à propos des cellules isolées ou de fragments de tissus présentant une certaine homogénéité.

Pour pouvoir faire cette opération, nous nous basons essentiellement, comme premier principe, sur la notion introduite par LOEB et qu'il a définie par cette formule lapidaire : « The organism as a whole », l'organisme comme un tout entier.

Ce principe veut, qu'en dépit de la complexité très grande des organismes végétaux et animaux, l'ensemble d'un organisme obéisse fondamentalement à des lois physico-chimiques identiques à celles qui régissent les cellules isolées ou les fragments de tissus homogènes, et que les réactions ne soient pas fondamentalement différentes.

Nous rappellerons, à titre d'exemple, que l'on peut montrer que des animaux évolués, comme le rat ou la souris, obéissent à des lois simples, comme celle du géotropisme, dans la détermination du chemin parcouru par ces animaux sur les plans inclinés.

C'est également l'admission de ce principe qui montre que les relations physico-chimiques existant entre les ions présents dans un milieu extérieur et l'état dans lequel se maintient un tissu végétal immergé dans ce milieu, sont identiques lorsqu'on considère le cas de cellules isolées ou celui d'un organisme entier, tel qu'une graine en germination ou une plantule en voie de croissance plongées dans le même milieu.

Le premier principe admis est donc la légitimité de l'hypothèse selon laquelle un organisme végétal se comporte comme un tout obéissant à des lois relativement simples.

Le second principe réside dans la notion de l'état de santé des cellules ou de fragments de tissus.

Dans le domaine végétal, il peut sembler extrêmement difficile de définir un état de santé et, à fortiori, de le mesurer.

En fait, ce problème est identique chez les plantes et chez les animaux.

OSTERHOUT a mis au point diverses méthodes qui permettent de rendre compte de l'état de santé d'une plante, principalement par la mesure de la résistivité cellulaire.

La résistivité protoplasmique varie en effet d'une manière bien connue au moment de la mort et OSTERHOUT, étudiant les variations réversibles de la conductivité cytoplasmique, a pu établir des relations entre cette grandeur et l'état de santé de la cellule.

L'intérêt de ce principe est évidemment considérable, il est possible, non seulement de voir si un tissu est mort ou vivant, mais de se rendre compte de combien il s'écarte de l'état optimum de santé.

D'autres méthodes physico-chimiques permettent également de mesurer les altérations de l'état physiologique d'un tissu, si bien que l'on peut finalement dire que l'état de santé se définit par une série de grandeurs physico-chimiques autour desquelles des fluctuations peuvent

## INTRODUCTION

se présenter, réversibles jusqu'à un certain point (qui correspondent alors aux états de santé variables) et irréversibles à un moment donné (ce qui correspond à un état qui conduit tôt ou tard à la mort).

Il ne semble pas ridicule d'admettre ici l'application du premier principe de LOEB, c'est-à-dire que ce qui est vrai pour des cellules isolées ou des tissus homogènes est vrai pour un organisme entier, et que l'état de santé, mesurable éventuellement par des grandeurs beaucoup plus compliquées dans un organisme entier que dans une cellule simple, va dépendre des mêmes conditions physiques et chimiques du milieu extérieur.

Il semble aussi logique d'admettre que la croissance d'une plante et même finalement le rendement qui intéresse le praticien, sont en somme l'expression d'un état de santé florissante au cours de la période de culture.

Ceci est au moins vrai dans la première partie de la vie d'une plante, c'est-à-dire dans sa phase purement végétative.

En d'autres termes, nous ne chercherons pas autre chose que les conditions permettant de maintenir les plantes dans un état de santé optimum.

C'est en fait, implicitement, le but de toute recherche sur la culture des végétaux.

Un troisième principe sera utilisé pour la réalisation d'une telle recherche.

L'état de santé d'un tissu végétal ou d'une cellule isolée dépend, entre autres choses, de la nature et de la concentration des ions présents dans le milieu extérieur.

Ainsi, il a été démontré clairement qu'une solution ne contenant qu'un seul sel présente toujours une forte toxicité. Il est défavorable à une cellule d'être plongée, par exemple, aussi bien dans une solution de chlorure de potassium pur que de chlorure de sodium pur. Bien entendu, les concentrations produisant des effets toxiques égaux seront différentes lorsqu'il s'agit d'ions différents.

Ce sont les mesures dont il vient d'être question à propos du second principe (les mesures déterminant l'état de santé) qui permettent de comparer l'effet relatif de deux ions et de comparer leurs toxicités entre elles.

Lorsque deux ions sont présents dans une solution minérale, on pourrait s'attendre, au premier abord, à ce que l'effet toxique que chacun d'eux manifeste à l'état pur s'additionne au prorata de la concentration de chacun de ces ions maintenant associés; il n'en est rien, l'adjonction d'un ion à une solution qui en contenait déjà diminue la toxicité du premier et inversement.

Là se trouve le principe de l'antagonisme qui finalement conduit à mettre en évidence que tous les ions présents dans une solution minérale agissent sur l'état de santé d'un tissu, et que la toxicité est d'autant plus

faible, et par conséquent l'état de santé d'autant meilleur, qu'un équilibre plus adéquat existe entre tous les ions présents dans le milieu extérieur.

Les lois de l'antagonisme ont déjà été étudiées notamment par OSTERHOUT, par MAUME et DULAC, et par LOEB; la plupart des recherches ont porté sur les antagonismes existant entre deux ions d'un seul couple. C'est la longueur de la recherche expérimentale et les difficultés techniques qui sont la cause de cet état de choses.

Nous avons nous-mêmes repris dans des travaux antérieurs l'étude de nombreux cas d'antagonisme et commencé d'une manière systématique celle des antagonismes existant entre trois ions présents simultanément.

Si les prémisses qui viennent d'être dites sont exactes nous comprenons immédiatement que nous devons rechercher à réaliser des équilibres non pas entre les inions N, P et K, mais entre tous les ions et au moins entre tous les principaux ions qui interviennent dans la vie de la plante.

Dans nos recherches sur l'antagonisme<sup>1</sup> un nouveau point avait été mis en évidence, à savoir que l'accumulation des anions par la plante est d'autant plus grande que le balancement est mieux réalisé entre les cations présents dans le milieu extérieur.

Or, les anions principaux intervenant dans la vie de la plante sous des formes chimiques différentes dans la cellule, sont l'azote, le soufre et le phosphore. Les cations principaux sont le potassium, le calcium, le magnésium et ensuite seulement le sodium.

Comme les principaux anions entrent dans la constitution des molécules chimiques les plus importantes dans la constitution de la plante, leur accumulation plus grande est favorable à la croissance.

Il est donc logique de supposer que la croissance générale d'une plante, et donc finalement le rendement en plantation, dépendra également de l'équilibre existant entre les cations présents et peut-être même entre les anions, car certains auteurs ont déjà mis en évidence qu'un certain antagonisme bien que moins marqué, existe, entre les anions.

Pour résumer l'évolution des notions qui viennent d'être rappelées dans ce troisième principe, nous pouvons donc dire que : l'état de santé d'un tissu végétal est notamment dépendant de l'antagonisme existant entre les ions, l'accumulation des éléments responsables le plus directement de la croissance l'est aussi; dans cet antagonisme, il faut considérer tous les ions présents et non pas seulement arbitrairement deux ou trois d'entre eux.

Enfin, on peut espérer que cet état de santé de la plante entière répond aux mêmes lois que celui des tissus plus simples qui ont servi jusqu'ici aux expériences sur l'antagonisme.

1. MARCEL V. HOMÈS. *La perméabilité de la cellule végétale aux sels minéraux*. Arch. de Biol., 47, 399-498, 1936.

## INTRODUCTION

Un autre principe découle aussi des théories sur l'antagonisme et notamment des expériences qui viennent d'être rappelées concernant l'accumulation des éléments chimiques par les tissus végétaux.

Il n'y a jamais égalité de composition ni de concentration entre le milieu extérieur et le milieu intérieur de la plante.

Pour qu'une plante accumule au mieux, nous savons d'avance qu'il ne faut pas réaliser dans le milieu extérieur l'image de ce que nous révèle l'analyse de la plante elle-même.

*Le milieu extérieur doit être différent du milieu intérieur.*

Si l'on veut bien y réfléchir, cette notion, qui est certainement incontestée à l'heure actuelle, est, en fait, la condamnation du principe de la restitution pure et simple des exportations par les récoltes, puisque l'exportation représente l'ensemble des substances accumulées dans la plante et que cette accumulation n'a pu se faire que pour autant qu'il y ait eu dans le voisinage de la plante un milieu extérieur qui devait fondamentalement en être différent.

La conséquence pratique du principe que nous rappelons actuellement réside en ce que la formule d'engrais appliquée à une culture ne doit pas viser à remplacer ce que l'exportation enlèvera au sol, mais bien à réaliser dans le sol le milieu optimum balancé suivant les lois de l'antagonisme, qui permettra à la plante à la fois d'être bien portante et d'accumuler le plus de matières, ce qui assurera sa croissance maximum.

Pour mettre en pratique les principes qui viennent d'être rappelés, il faut rechercher ce qui doit être maintenu constant dans les formules d'engrais chimiques à comparer entre elles.

Ce sera, en premier lieu, la somme des ions métalliques. L'antagonisme est en effet beaucoup plus important entre ceux-ci qu'entre les anions. Il faut donc maintenir un certain rapport entre la chaux, la potasse, la magnésie, etc., mais sans faire entrer dans les calculs ces corps sous forme d'oxydes. Il faudra les substituer entre eux par équivalents-grammes et c'est donc la quantité totale d'équivalents-grammes qui sera maintenue constante au cours des comparaisons. Il en résulte automatiquement que la somme pondérale des substances utilisées dans les divers traitements ne sera pas partout la même. Cela ne présente d'ailleurs aucun inconvénient.

L'équilibre étant ainsi maintenu pour une somme constante d'équivalents-grammes entre les cations, nous réaliserons la même condition entre les anions principaux, de telle manière que la somme des anions soit aussi la même que la somme des cations, ce qui facilitera la constitution des engrais neutres et évitera les complications résultant d'une acidification ou d'une alcalinisation du sol.

Les anions à considérer seront, sans conteste, l'ion phosphate, l'ion, sulfate, et nous y ajoutons l'ion nitrate, étant entendu cependant que l'azote peut être appliqué dans la formule d'engrais sous forme d'am-



monium (dans une proportion qu'il ne nous est pas encore possible de garantir avec certitude) tout en faisant entrer cette quantité d'azote dans la considération de l'équilibre comme étant un anion, car l'azote est principalement absorbé par la plante, à l'état naturel, sous forme nitrique, c'est-à-dire sous forme anionique.

Pour la simplicité de la recherche des formules, nous considérons donc, du côté des anions, l'azote, le phosphore et le soufre, nous ferons varier les proportions entre ces éléments pour un même total d'équivalents-grammes de ces différents anions, nous ferons varier, d'autre part, dans les mêmes conditions les proportions relatives des ions potassium, calcium et magnésium, laissant, pour une étape ultérieure de la recherche, la considération de l'ion sodium et éventuellement d'autres éléments mineurs.

En pratique, on réalisera donc d'une part des mélanges d'acides, d'autre part des mélanges de bases ayant même normalité les mélanges de quantités égales de ces deux premiers mélanges d'acides ou de bases constitueront nos solutions.

Ayant choisi trois anions et trois cations, nous avons, dans la première étape de l'expérimentation, fait choix de trois proportions d'ions caractérisées chacune par la dominance d'un des anions considérés.

La même chose étant faite pour les ions positifs et les ions négatifs, il en résulte que neuf combinaisons ont été soumises à l'expérience.

On a donc préparé neuf solutions-mères dont une certaine quantité constituera la dose appliquée suivant le système qui a été défini page 14.

Pour le choix des proportions, il aurait été logique de choisir des points symétriquement représentés dans le diagramme triangulaire des anions ou des cations; cela avait été effectivement notre intention à l'origine, mais limités dans le choix des produits disponibles et dans le degré de pureté de ceux-ci, nous n'avons pas pu réaliser exactement les mélanges que nous aurions voulu et la composition des neuf combinaisons expérimentales effectivement réalisées se trouve renseignée au tableau 1.

Il faut encore signaler qu'en raison de l'impureté d'un produit (carbonate de magnésium étiqueté à l'origine comme oxyde) la condition de neutralité n'a pas été respectée partout. L'influence de cet accident, qui ne s'est traduit par aucun déchet dans la culture, est à l'étude actuellement. Il en résulte que le total des anions n'est pas partout égal à celui des cations. Le tableau 2, où la proportion de chaque ion est exprimée en pour cent du total des ions tant positifs que négatifs, fournit ces valeurs exactes.

Enfin, dans le but de comparer nos expériences avec celles qui sont conduites sur la seule considération du classique rapport  $N - P^2 O^5$

INTRODUCTION

**Tableau 1**

*Composition des solutions nutritives.*

| Combi-<br>naisons | Proportions<br>des cations entre eux<br>(en %) |    |    | Cation<br>domi-<br>nant | Proportions<br>anions entre eux<br>(en %) |                 |                 | Anion<br>domi-<br>nant |
|-------------------|--|----|----|-------------------------|---|-----------------|-----------------|------------------------|
|                   | K  | Ca | Mg |                         | NO <sup>3</sup>                           | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |                        |
| 1                 | 68   | 23 | 9  | K                       | 60  | 20              | 20              | NO <sup>3</sup>        |
| 2                 | 23   | 68 | 9  | Ca                      | 60  | 20              | 20              | NO <sup>3</sup>        |
| 3                 | 31   | 31 | 38 | Mg                      | 60  | 20              | 20              | NO <sup>3</sup>        |
| 4                 | 68   | 23 | 9  | K                       | 20  | 60              | 20              | SO <sup>4</sup>        |
| 5                 | 23   | 68 | 9  | Ca                      | 20  | 60              | 20              | SO <sup>4</sup>        |
| 6                 | 31   | 31 | 38 | Mg                      | 20  | 60              | 20              | SO <sup>4</sup>        |
| 7                 | 68   | 23 | 9  | K                       | 20  | 20              | 60              | PO <sup>4</sup>        |
| 8                 | 23   | 68 | 9  | Ca                      | 20  | 20              | 60              | PO <sup>4</sup>        |
| 9                 | 31   | 31 | 38 | Mg                      | 20  | 20              | 60              | PO <sup>4</sup>        |

**Tableau 2**

*Composition des solutions nutritives.*

| Combi-<br>naisons | Proportions<br>des cations en %<br>du total d'ions |    |    | Cation<br>domi-<br>nant | Proportions<br>des anions en %<br>du total d'ions |                 |                 | Anion<br>domi-<br>nant |
|-------------------|--|----|----|-------------------------|---|-----------------|-----------------|------------------------|
|                   | K  | Ca | Mg |                         | NO <sup>3</sup>                                   | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |                        |
| 1                 | 32   | 11 | 4  | K                       | 32  | 10,5            | 10,5            | NO <sup>3</sup>        |
| 2                 | 11   | 32 | 4  | Ca                      | 32  | 10,5            | 10,5            | NO <sup>3</sup>        |
| 3                 | 12   | 12 | 15 | Mg                      | 37  | 12              | 12              | NO <sup>3</sup>        |
| 4                 | 32   | 11 | 4  | K                       | 10,5  | 32              | 10,5            | SO <sup>4</sup>        |
| 5                 | 11   | 32 | 4  | Ca                      | 10,5  | 32              | 10,5            | SO <sup>4</sup>        |
| 6                 | 12   | 12 | 15 | Mg                      | 12  | 37              | 12              | SO <sup>4</sup>        |
| 7                 | 32   | 11 | 4  | K                       | 10,5  | 10,5            | 32              | PO <sup>4</sup>        |
| 8                 | 11   | 32 | 4  | Ca                      | 10,5  | 10,5            | 32              | PO <sup>4</sup>        |
| 9                 | 12   | 12 | 15 | Mg                      | 12  | 12              | 37              | PO <sup>4</sup>        |

L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

—  $K^2 O$ , nous avons calculé ces rapports pour toutes nos solutions. La somme de  $N + P^2 O^5 + K^2 O$  en grammes est partout ramenée à 100 (tableau 3).

**Tableau 3**

*Rapports  $N : P^2 O^5 : K^2 O$  dans les solutions nutritives.*

| Combinaisons | N  | $P^2 O^5$ | $K^2 O$ |
|--------------|----|-----------|---------|
| 1            | 20 | 12        | 68      |
| 2            | 37 | 20        | 43      |
| 3            | 38 | 21        | 41      |
| 4            | 8  | 13        | 79      |
| 5            | 16 | 27        | 57      |
| 6            | 17 | 28        | 55      |
| 7            | 6  | 31        | 63      |
| 8            | 11 | 53        | 36      |
| 9            | 11 | 54        | 35      |

A partir des tableaux précédents, nous pouvons tracer les diagrammes triangulaires suivants :

a) Diagramme exprimant les proportions des équivalents-grammes entre eux (en % du nombre total d'équivalents-grammes, de même signe). Diagramme 1 pour les anions, diagramme 2 pour les cations.

b) Diagramme exprimant le rapport  $N - P^2 O^5 - K^2 O$  (en % de la somme pondérale de ces trois groupements) (Diagramme 3).

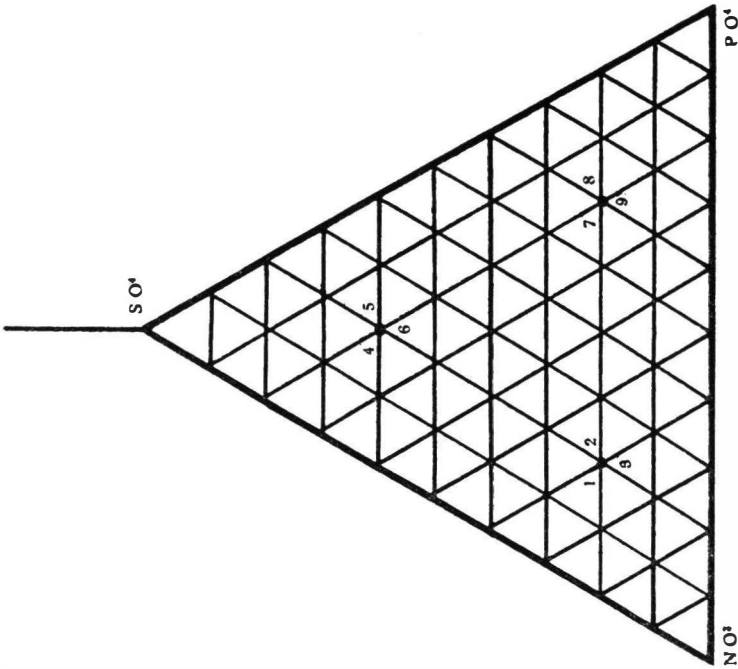


Diagramme 1

*Proportions relatives des anions dans les solutions nutritives  
(en équivalents — grammes)*

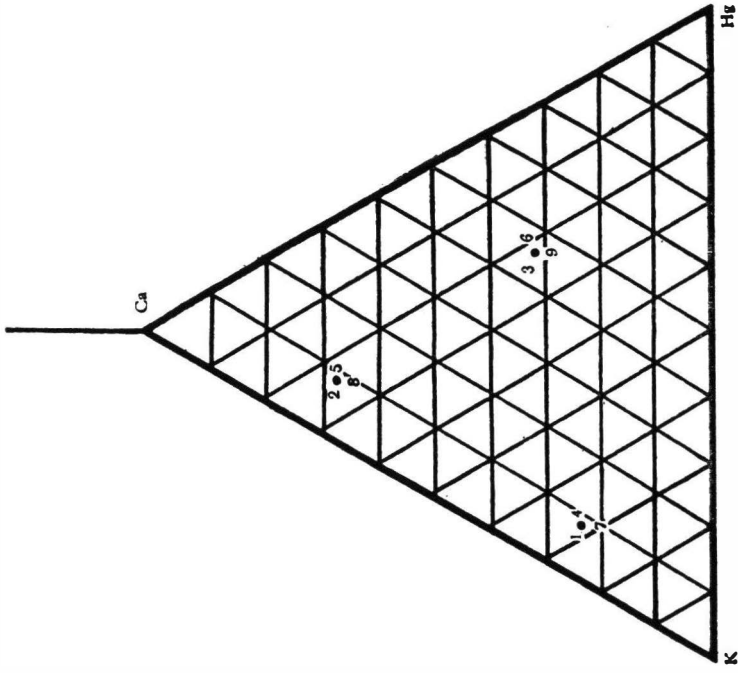


Diagramme 2

*Proportions relatives des cations dans les solutions nutritives  
(en équivalents — grammes)*

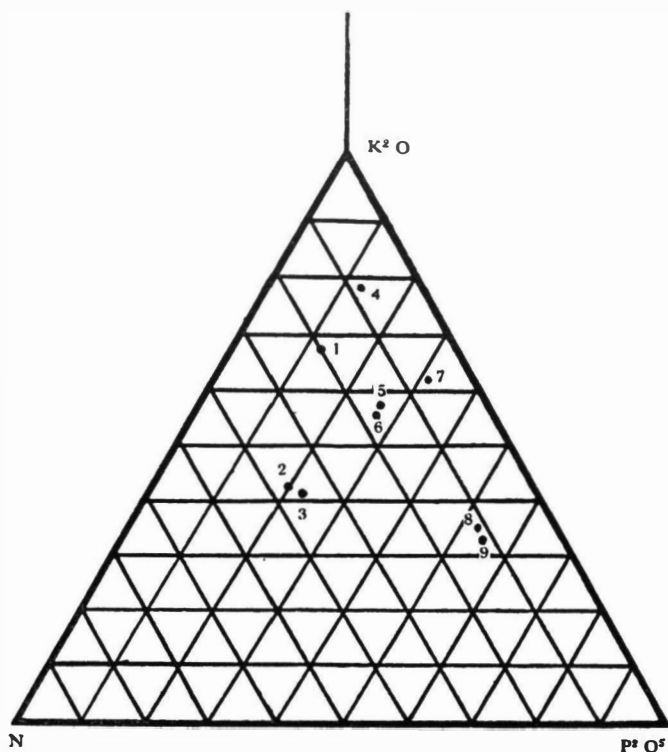


Diagramme 3

*Rapports N : P<sup>2</sup> O<sup>5</sup> : K<sup>2</sup> O en poids dans les solutions nutritives.*

# PREMIÈRE PARTIE

## ÉTUDE DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

### § 1. Allure générale de l'expérience.

La plantation a été effectuée le 30 juin 1947. Ainsi que nous l'avons déjà signalé, quelques plantes ont failli à la reprise. Ces insuccès ont été dus à une plantation trop profonde et se sont manifestés par la pourriture du collet. Il n'en est cependant résulté aucun dommage définitif, les remplacements ayant pu être effectués en temps utile.

En dernière analyse, aucune expérience ne fut compromise par cette cause.

Après la plantation, les sujets passent par une période de quelques semaines où la croissance visible est extrêmement réduite.

D'après les observations ultérieures, tout porte cependant à croire que, pendant ce temps, les racines ont été le siège d'une croissance intense.

De toute façon, les feuilles présentes au moment de la plantation n'ont pas subi de nécrose rapide, elles ont seulement disparu progressivement ainsi que cela se produit toujours dans la croissance du palmier lorsque la plante grandit et que les nouvelles feuilles se forment.

D'après ces signes extérieurs généraux la reprise s'est donc, d'une façon générale, effectuée dans d'excellentes conditions.

Après quelques semaines, la croissance de la partie aérienne semble se déclencher d'une manière très nette, elle apparaît à l'œil et les nouvelles feuilles se forment successivement.

Dans la suite de l'expérience, des différences assez nettes ont apparu dans l'état des plantes, suivant le traitement auquel elles ont été soumises.

Les divers paragraphes de ce chapitre en donneront le détail, mais il nous est possible de signaler, dès à présent, que, dans l'ensemble, les plantes sont restées très saines et que la réussite de la culture a été, d'une façon générale, tout à fait satisfaisante.

Les différences qui ont apparu entre les plantes, au point de vue de leur aspect extérieur (grandeur des plantes, jaunissement des feuilles,

nécrose, etc.), sont les preuves du succès de l'expérience qui avait précisément pour objet de les mettre en évidence.

Dans tous les cas où la chose a été possible et utile, les résultats de l'expérience ont été exprimés de la façon suivante :

1<sup>o</sup> Les résultats de chaque traitement ont été comparés aux résultats de chacun des autres. C'est ce que nous appellerons, dans les tableaux qui suivent, la comparaison par couples de traitements.

2<sup>o</sup> Le résultat de chaque traitement est comparé à la moyenne obtenue en groupant toutes les plantes qui n'ont pas subi ce même traitement. Ce dernier mode de comparaison met aussi en évidence l'effet d'un traitement considéré isolément, puisque tous les autres effets se compensent et s'annulent dans les autres plantes.

Chacune des études dont nous venons de parler a été effectuée pour quatre séries expérimentales, qui correspondent à des durées de végétation s'échelonnant entre 3 mois et 12 mois.

Pour chacune de ces séries, la moitié des plantes ont reçu la concentration simple d'aliments minéraux et la seconde moitié la concentration triple.

Lorsque les différences se manifestent entre les résultats expérimentaux obtenus à la dose simple ou à la dose triple d'alimentation, les premiers ont été affectés d'un facteur correctif qui permet l'étude séparée de l'effet des différences qualitatives entre les traitements et celle de l'effet de la concentration. Cette dernière est faite dans le § n<sup>o</sup> 10.

Nous avons expliqué à la p. 14 comment les doses alimentaires devaient être appliquées aux plantes en fonction de la courbe de croissance.

Le tableau 4 donne le détail de l'application effectivement réalisée au cours de l'expérience.

On remarquera, en tenant compte du poids moyen d'un équivalent-gramme (71 grammes)<sup>1</sup>, que, dans le cas des doses simples, un total d'environ 30 g de sels minéraux par plante a été fourni sur une période d'un an et un total d'environ 90 g dans le cas de la dose triple.

Ces chiffres sont signalés en vue de la discussion ultérieure sur la possibilité de l'apparition des carences.

## § 2. Croissance en hauteur.

Dans une première série de mesures, nous envisagerons la taille atteinte par les plantes après des laps de temps d'importance variable.

Les mesures en question n'exigent, en effet, aucunement l'arrêt des expériences et sont donc indépendantes des séries.

1. Ce nombre représente le poids moyen d'un équivalent-gramme de sels nutritifs obtenu par la réalisation de diverses combinaisons, détaillées p. 25.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Tableau 4

*Adjonction des doses.*

| DOSES EN MILLIÉQUIVALENTS PAR PLANTE |             |         |             |         |
|--------------------------------------|-------------|---------|-------------|---------|
| Mois                                 | Dose simple |         | Dose triple |         |
|                                      | Mensuelle   | Cumulée | Mensuelle   | Cumulée |
| 1                                    | 4           | 4       | 12          | 12      |
| 2                                    | 4           | 8       | 12          | 24      |
| 3                                    | 10          | 18      | 30          | 54      |
| 4                                    | 10          | 28      | 30          | 84      |
| 5                                    | 10          | 38      | 30          | 114     |
| 6                                    | 16          | 54      | 48          | 162     |
| 7                                    | 16          | 70      | 48          | 210     |
| 8                                    | 25          | 95      | 75          | 285     |
| 9                                    | 50          | 145     | 150         | 435     |
| 10                                   | 108         | 253     | 324         | 759     |
| 11                                   | 116         | 369     | 348         | 1107    |
| 12<br>(demi-mois)                    | 58          | 427     | 174         | 1281    |

Lorsque la plante est très jeune, la mesure de la taille est essentiellement celle de la feuille la plus longue. Plus tard, un groupe de feuilles, une couronne se développe et la taille que nous exprimons alors dans les tableaux est la hauteur approximative atteinte par l'ensemble de la couronne foliaire.

Cette mesure peut paraître assez grossière; toutefois, lorsque des expérimentateurs différents répètent les mensurations sur tous les sujets d'expérience, les moyennes obtenues ne varient guère. Nous utilisons donc ces chiffres comme une donnée approximative permettant de fixer les idées et de concrétiser par une valeur numérique l'aspect que présente la plante après les différentes durées de végétation.



L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

Le tableau 5 fournit les moyennes pour toutes les plantes soumises à un même traitement.

Les traitements 1 à 9 correspondent aux 9 combinaisons d'ions précisées p. 25; les mesures sont exprimées en centimètres.

**Tableau 5**

*Développement des palmiers en hauteur (moyenne en cm).*

| TRAITEMENTS | AGE EN MOIS |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-------------|-------------|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
|             | 0           | 1  | 2  | 3  | 4  | 8  | 10  | 11  | 12  |
| 1           | 34          | 35 | 37 | 41 | 43 | 67 | 97  | 108 | 124 |
| 2           | 34          | 36 | 38 | 40 | 42 | 72 | 95  | 112 | 122 |
| 3           | 34          | 37 | 39 | 44 | 45 | 73 | 110 | 119 | 130 |
| 4           | 34          | 34 | 37 | 40 | 41 | 63 | 94  | 101 | 119 |
| 5           | 34          | 34 | 35 | 38 | 40 | 62 | 89  | 98  | 120 |
| 6           | 34          | 35 | 36 | 40 | 41 | 64 | 96  | 117 | 125 |
| 7           | 34          | 39 | 40 | 43 | 44 | 61 | 90  | 101 | 115 |
| 8           | 34          | 36 | 37 | 40 | 41 | 58 | 85  | 98  | 114 |
| 9           | 34          | 35 | 35 | 38 | 45 | 62 | 85  | 101 | 118 |
| Moyenne . . | 34          | 36 | 37 | 40 | 42 | 65 | 93  | 106 | 121 |

A partir de ces données absolues, on peut calculer, pour chaque observation, la valeur de la taille des sujets en % de la hauteur initiale. C'est ce qu'exprime le tableau 6.

Le tableau 6 met en évidence le fait que pendant le premier mois de la végétation des changements de taille extrêmement faibles sont seulement survenus et qu'il est difficile à ce stade de faire des comparaisons entre les différentes séries.

Ce n'est que progressivement que des différences se marquent entre les traitements. On peut enfin, pour chaque mensuration mensuelle,

RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Tableau 6

*Développement des palmiers en hauteur (moyennes en % de la taille initiale).*

| TRAITEMENTS | AGE EN MOIS |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | 0           | 1   | 2   | 3   | 4   | 8   | 10  | 11  | 12  |
| 1           | 100         | 103 | 109 | 121 | 127 | 197 | 285 | 318 | 365 |
| 2           | 100         | 106 | 112 | 117 | 124 | 212 | 279 | 329 | 358 |
| 3           | 100         | 109 | 115 | 129 | 132 | 214 | 324 | 350 | 382 |
| 4           | 100         | 100 | 109 | 118 | 121 | 185 | 276 | 297 | 350 |
| 5           | 100         | 100 | 103 | 112 | 118 | 182 | 262 | 288 | 352 |
| 6           | 100         | 103 | 106 | 118 | 121 | 188 | 282 | 344 | 367 |
| 7           | 100         | 115 | 118 | 127 | 129 | 179 | 264 | 297 | 338 |
| 8           | 100         | 106 | 109 | 118 | 121 | 171 | 250 | 288 | 335 |
| 9           | 100         | 103 | 103 | 112 | 132 | 182 | 250 | 297 | 347 |
| Moyenne . . | 100         | 106 | 109 | 117 | 124 | 191 | 274 | 312 | 356 |

exprimer les effets des traitements en % de la moyenne générale à ce moment.

Le tableau 7 fournit ces données, qui facilitent la comparaison des effets entre eux.

On sera frappé de constater que, dans le traitement par certaines combinaisons ioniques (traitements 1, 2 et 3), tous les nombres sont pratiquement supérieurs à la moyenne, ce qui montre clairement que ces solutions comptent parmi les meilleures et cela tout au long de l'expérience.

Par contre, les solutions 7 et 8, qui présentent, pendant les premiers mois de la végétation, un développement supérieur à la moyenne, produisent, par la suite, un développement inférieur.

La solution 9 n'est jamais particulièrement favorable en ce qui concerne le développement atteint par la plante. Il en est de même de la solution 5.

## L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

La formule 4 manifeste aussi un effet inférieur à la moyenne, mais dans une mesure très réduite.

La solution 6 se comporte à l'inverse des solutions 7 et 8. Au début de la végétation, les plantes qui reçoivent ce traitement sont plutôt en-dessous de la moyenne. Vers le dixième mois de l'expérience, l'effet de ce traitement rejoint celui des formules 1, 2 et 3. C'est donc, en dernière analyse, une combinaison minérale favorable.

**Tableau 7**

*Croissance du palmier (en hauteur) en % de la moyenne à chaque mensuration.*

| TRAITEMENTS | AGE EN MOIS |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | 0           | 1   | 2   | 3   | 4   | 8   | 10  | 11  | 12  |
| 1           | 100         | 97  | 100 | 103 | 102 | 103 | 104 | 102 | 102 |
| 2           | 100         | 100 | 103 | 100 | 100 | 110 | 102 | 106 | 101 |
| 3           | 100         | 103 | 106 | 110 | 107 | 112 | 118 | 112 | 109 |
| 4           | 100         | 95  | 100 | 100 | 98  | 97  | 101 | 95  | 98  |
| 5           | 100         | 95  | 95  | 95  | 95  | 95  | 96  | 92  | 99  |
| 6           | 100         | 97  | 97  | 100 | 98  | 98  | 103 | 110 | 104 |
| 7           | 100         | 108 | 108 | 108 | 105 | 94  | 97  | 95  | 95  |
| 8           | 100         | 100 | 100 | 100 | 98  | 89  | 91  | 92  | 94  |
| 9           | 100         | 97  | 95  | 95  | 107 | 95  | 91  | 95  | 97  |

De l'ensemble du tableau 7 il se dégage clairement que les solutions 1, 2, 3 et 6 sont celles qui ont produit le meilleur développement mesuré par la hauteur approximative de la plante. Parmi celles-ci, la formule 3 est la plus favorable. Les solutions 5, 7 et 8 sont nettement les plus mauvaises. Les autres, c'est-à-dire 4 et 9, produisent des effets peu différents de la moyenne. Ce sont donc des solutions que nous pouvons considérer comme indifférentes, mais produisant finalement une bonne croissance moyenne.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Procédons encore à la comparaison par couples de traitements en fin d'expérience (tableau 8).

On voit immédiatement que la solution 3 est supérieure dans son effet à chacune des autres. La solution 6, à une exception près, est dans le même cas. La solution 7 et la solution 8 sont toujours inférieures à toutes les autres et sont donc les moins bonnes. Les solutions 1, 4, 5 et 9 sont tantôt supérieures, tantôt inférieures à celles auxquelles on peut les comparer et présentent donc une valeur moyenne.

**Tableau 8**

*Différences dans le développement en hauteur, exprimées par couples de traitements (en % de la moyenne).*

|   | 1  | 2  | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | —  | —1 | +7  | —4  | —3  | +2  | —7  | —8  | —5  |
| 2 | +1 | —  | +8  | —3  | —2  | +3  | —6  | —7  | —4  |
| 3 | —7 | —8 | —   | —11 | —10 | —5  | —14 | —15 | —12 |
| 4 | +4 | +3 | +11 | —   | +1  | +6  | —3  | —4  | —1  |
| 5 | +3 | +2 | +10 | —1  | —   | +5  | —4  | —5  | —2  |
| 6 | —2 | —3 | +5  | —6  | —5  | —   | —9  | —10 | —7  |
| 7 | +7 | +6 | +14 | +3  | +4  | +9  | —   | —1  | +2  |
| 8 | +8 | +7 | +15 | +4  | +5  | +10 | +1  | —   | +3  |
| 9 | +5 | +4 | +12 | +1  | +2  | +7  | —2  | —3  | —   |

### § 3. Développement des plantes en largeur.

Nous envisageons ici la mesure de la largeur approximative de la couronne, cette mensuration étant comprise dans le même sens que la précédente, c'est-à-dire qu'elle est destinée à donner une idée approximative du développement atteint par la couronne foliaire.

Le tableau 9 suivant en résume les données; dans sa dernière colonne, nous exprimons, en outre, le rapport de la hauteur à la largeur, ce qui donne une indication de l'éventuel étiolement présenté par les sujets d'expérience (rapport H/L).

Tableau 9

| Combinaisons<br>ioniques | AGE EN MOIS |    |     |     |       |
|--------------------------|-------------|----|-----|-----|-------|
|                          | 8           | 10 | 11  | 12  | H/L   |
| 1                        | 66          | 82 | 98  | 146 | 0,849 |
| 2                        | 75          | 92 | 113 | 152 | 0,802 |
| 3                        | 68          | 84 | 105 | 152 | 0,855 |
| 4                        | 63          | 85 | 105 | 147 | 0,809 |
| 5                        | 68          | 80 | 104 | 142 | 0,845 |
| 6                        | 62          | 79 | 101 | 132 | 0,946 |
| 7                        | 59          | 80 | 100 | 129 | 0,891 |
| 8                        | 61          | 82 | 99  | 137 | 0,832 |
| 9                        | 68          | 79 | 94  | 142 | 0,802 |
| Moyenne . .              | 65          | 83 | 102 | 142 | 0,830 |

Ce tableau 9 fait apparaître que les solutions 1, 2, 3, 4 produisent fréquemment un effet supérieur à la moyenne; les solutions 2 et 3 sont les meilleures de toutes au point de vue que nous envisageons ici. Le résultat est en effet, dans ces cas, toujours supérieur à la moyenne. Les solutions 6, 7 et 8 donnent toutes des résultats inférieurs à la moyenne. La solution 9 est le plus souvent dans le même cas. Les différences sont ici bien moindres qu'en ce qui concerne la hauteur des plantes.

La mesure de la largeur présentée par la couronne foliaire n'est pas possible pour les premiers mois de la végétation. En effet, à ce moment, il n'est pas question d'une couronne qui s'étale régulièrement et la mesure de largeur n'aurait pas de sens. Pour cette raison, il nous est impossible d'établir un tableau dans lequel les valeurs mesurées soient exprimées en % de la valeur initiale. Les mesures, en effet, n'ont pu commencer d'une manière intéressante qu'au huitième mois et, à ce moment, des différences existaient déjà entre les effets des divers traitement.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Étudions ensuite la dernière colonne du tableau précédent.

Nous voyons qu'en moyenne le rapport de la hauteur à la largeur de la couronne égale 0,830.

Peu de nombres s'écartent nettement de cette valeur moyenne sauf, cependant, celui qui correspond à la solution 6 et qui est sensiblement plus élevé. Cela pourrait indiquer que la formule qui correspond à cette solution 6 a une tendance à faire « filer » la plante, selon le terme utilisé dans la pratique courante. Ce point est discuté p. 117.

Pour donner enfin aux chiffres qui précèdent toute leur valeur, nous allons les comparer, en ce qui concerne tout au moins l'état final de nos plantes (mensurations au douzième mois), à celui que présentent des plantes exactement du même âge mises en pépinière au moment où notre expérience a été mise en route et traitées par la suite selon les méthodes de culture habituelles pour le palmier *Elaeis*.

Elles constituent donc un témoin dans le sens le plus simple du mot.

Voici les données en question :

**Tableau 10**

*Développement des plantes témoins (en pépinière)  
comparées aux sujets d'expériences (moyennes).*

| Age<br>en mois | Hauteur en cm |        | Largeur en cm |        | Rapport H/L |        |
|----------------|---------------|--------|---------------|--------|-------------|--------|
|                | Témoins       | Sujets | Témoins       | Sujets | Témoins     | Sujets |
| 8              | 45            | 65     | —             | —      | —           | —      |
| 12             | 95            | 121    | 107,5         | 142    | 0,884       | 0,830  |

Ce tableau montre que nos plantes en expérience sont, en moyenne, plus développées que les témoins en culture ordinaire.

Le palmier répond donc fort bien à l'alimentation artificielle sur sol pauvre. D'autre part, l'examen du rapport H/L montre que les sujets d'expérience ne sont certainement pas en moyenne plus étiolés que les témoins.

C'est une intéressante constatation, car on aurait pu craindre que la culture sous abri ait produit de l'étiollement.

Les plantes soumises au traitement 6 restent toutefois plus dressées que les témoins.

#### § 4. Nombre de feuilles formées.

Nous étudierons ici le nombre total de feuilles présentes sur les plantes aux divers moments où les observations sont pratiquées, c'est-à-dire sans correction du fait que les feuilles les plus vieilles peuvent avoir disparu.

Dans le tableau 11 ce nombre est exprimé en moyennes établies pour chaque groupe de plantes soumises à un même traitement. Les nombres peuvent donc comporter des décimales.

A partir des données directes de l'expérience, nous pouvons établir le tableau 12, dans lequel le nombre de feuilles présentes à chaque mensuration, c'est-à-dire tous les mois, est exprimé en % du nombre moyen pour toutes les plantes au même moment.

Nous voyons immédiatement que pour les traitements 2 et 3 le nombre de feuilles est toujours supérieur à la moyenne.

Dans le traitement 6, le nombre de feuilles, inférieur au début de l'expérience, devient régulièrement supérieur à partir du quatrième mois.

Les solutions 7, 8 et 9 produisent toutes des plantes présentant un nombre de feuilles en dessous de la moyenne, au moins à partir du quatrième mois.

La formule 7 est caractérisée par des nombres inférieurs à la moyenne tout au long de l'expérience.

Dans les traitements 1, 4 et 5, les nombres oscillent de façon peu importante autour de la moyenne globale.

Du point de vue du nombre de feuilles, c'est-à-dire du développement caractérisé par la formation des organes et non pas par la masse ou les dimensions qu'ils atteignent, la solution 3 est donc la meilleure.

Les formules 2 et 6 y sont à peu près équivalentes et ces trois solutions sont donc nettement supérieures à toutes les autres.

Procédons enfin à la comparaison par couples de traitements à la fin de l'expérience (tableau 13).

Les solutions 6 et 3 s'avèrent encore les meilleures, les solutions 7 et 8 les plus mauvaises. Les autres (1, 2, 4, 5 et 9) sont tantôt supérieures, tantôt inférieures dans leur effet sur le nombre de feuilles des plantes. Elles ont donc une valeur intermédiaire.

La dimension de la plante (fig. 2), en effet, suit *en fonction du temps* une courbe *ascendante* dont la pente s'accroît au début de la végétation et *reste ensuite constante jusqu'à la fin* de l'expérimentation.

Il est naturel qu'il en soit bien ainsi puisque la taille du palmier est destinée à dépasser de loin ce que l'on obtient au bout d'un an de culture et l'on doit s'attendre à ce que la courbe de croissance ne s'infléchisse vers un palier que beaucoup plus tard.

**Tableau 11**

*Nombre de feuilles par plante.*

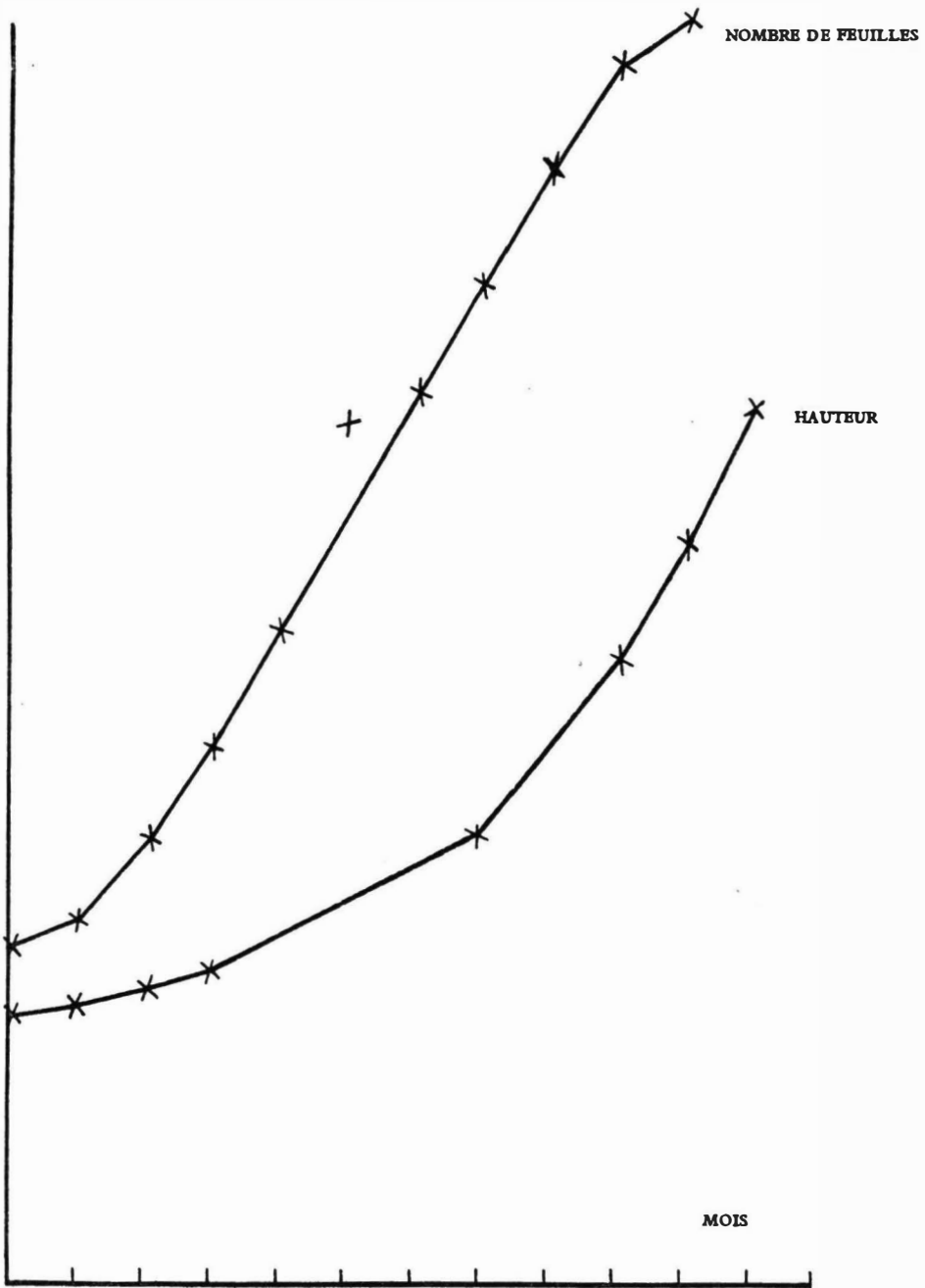
| TRAITEMENTS    | AGE EN MOIS |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|----------------|-------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
|                | 1           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
| 1              | 4,0         | 4,5 | 5,8 | 7,5 | 8,8 | 11,6 | 12,9 | 14,0 | 15,2 | 16,7 | 16,9 |
| 2              | 4,8         | 5,3 | 6,2 | 8,2 | 9,5 | 12,6 | 12,9 | 14,6 | 17,2 | 17,1 | 17,3 |
| 3              | 4,7         | 5,1 | 6,0 | 7,6 | 9,5 | 12,5 | 13,4 | 14,7 | 16,9 | 18,1 | 19,4 |
| 4              | 4,6         | 5,0 | 5,9 | 7,7 | 9,3 | 12,0 | 12,6 | 13,7 | 15,3 | 16,1 | 17,1 |
| 5              | 4,3         | 4,5 | 5,5 | 7,5 | 8,8 | 11,8 | 12,5 | 14,2 | 14,8 | 15,5 | 17,3 |
| 6              | 4,1         | 4,5 | 5,6 | 8,0 | 9,1 | 11,9 | 13,0 | 14,5 | 16,7 | 19,3 | 19,6 |
| 7              | 4,7         | 5,0 | 5,8 | 7,3 | 8,7 | 11,1 | 12,0 | 13,1 | 14,3 | 15,0 | 14,9 |
| 8              | 4,2         | 4,6 | 5,3 | 6,8 | 7,5 | 11,5 | 11,4 | 13,4 | 14,3 | 15,8 | 15,6 |
| 9              | 4,4         | 4,8 | 5,9 | 7,5 | 8,6 | 10,7 | 11,3 | 12,6 | 12,9 | 14,6 | 15,8 |
| Moyennes . . . | 4,4         | 4,8 | 5,8 | 7,5 | 8,9 | 11,6 | 12,4 | 13,9 | 15,3 | 16,5 | 17,0 |



**Tableau 12**  
*Nombre de feuilles par plante (en % de la moyenne).*

| TRAITEMENTS | AGE EN MOIS |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             | 1           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  |
| 1           | 89          | 93  | 101 | 100 | 99  | 100 | 103 | 100 | 99  | 101 | 99  |
| 2           | 109         | 110 | 107 | 108 | 107 | 108 | 103 | 105 | 112 | 103 | 102 |
| 3           | 105         | 105 | 104 | 100 | 107 | 107 | 108 | 106 | 110 | 110 | 114 |
| 4           | 104         | 103 | 101 | 101 | 104 | 103 | 101 | 99  | 100 | 98  | 101 |
| 5           | 97          | 94  | 96  | 99  | 99  | 101 | 100 | 102 | 96  | 94  | 102 |
| 6           | 93          | 94  | 97  | 105 | 102 | 102 | 104 | 104 | 109 | 117 | 116 |
| 7           | 106         | 103 | 101 | 96  | 98  | 96  | 96  | 95  | 93  | 91  | 88  |
| 8           | 94          | 96  | 91  | 90  | 85  | 99  | 92  | 96  | 93  | 96  | 92  |
| 9           | 99          | 99  | 101 | 99  | 97  | 92  | 91  | 91  | 84  | 89  | 93  |

FIG. 2. Évolution de la taille et du nombre de feuilles au cours du temps.



**Tableau 13**

*Comparaison par couples de traitements en fin d'expérience  
(nombre de feuilles en % de la moyenne).*

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | —   | +3  | +15 | +2  | +3  | +17 | -11 | -7  | -6  |
| 2 | -3  | —   | +12 | -1  | 0   | +14 | -14 | -10 | -9  |
| 3 | -15 | -12 | —   | -13 | -12 | +2  | -26 | -22 | -21 |
| 4 | -2  | -1  | +13 | —   | +1  | +15 | -13 | -9  | -8  |
| 5 | -3  | 0   | +12 | -1  | —   | +14 | -14 | -10 | -9  |
| 6 | -17 | -14 | -2  | -15 | -14 | —   | -28 | -24 | -23 |
| 7 | +11 | +14 | +26 | +13 | +14 | +28 | —   | +4  | +5  |
| 8 | +7  | +10 | +22 | +9  | +10 | +24 | -4  | —   | +1  |
| 9 | +6  | +9  | +21 | +8  | +9  | +23 | -5  | -1  | —   |

Par contre, la courbe qui exprime l'augmentation du nombre d'organes, en particulier du nombre de feuilles par plante, suit une courbe en S assez typique des phénomènes de croissance limitée : on voit s'amorcer nettement une tendance vers un palier. On comprend qu'il en soit bien ainsi puisque dans un palmier adulte le nombre de feuilles présentes dans la couronne est assez constant; les feuilles les plus âgées dépérissent, en effet, au fur et à mesure que de nouvelles feuilles se forment.

Nous constatons donc, par cette donnée phénologique, que la tendance vers un palier s'amorce déjà au courant de la première année de végétation.

### § 5. Jaunissement des feuilles.

Nous tentons ici à exprimer les résultats de nos observations sur la coloration des feuilles.

Lorsque les plantes présentent l'un ou l'autre signe de déficience, un jaunissement plus ou moins localisé ou plus ou moins généralisé des feuilles se produit, et, si cette déficience est suffisamment prononcée, toutes les feuilles de la plante peuvent éventuellement jaunir; c'est là, en général, un signe précurseur de la mort de la plante.

Il peut paraître extrêmement difficile d'estimer ces caractères. En effet, on ne peut songer à se référer à une échelle conventionnelle de coloration puisqu'il ne s'agit pas de définir une teinte, mais l'abondance relative du jaunissement dans l'ensemble de la plante.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Nous avons cependant tenté la chose en attribuant un nombre conventionnel pour caractériser l'extension du jaunissement.

La cotation se fait de 0 à 3 par demi-unité, le nombre 3 correspondant aux plantes entièrement vertes, ne présentant aucun signe de jaunissement, le nombre 0 correspondant aux plantes dont les feuilles étaient entièrement jaunies au moins jusqu'à mi-hauteur de la couronne foliaire.

Cette cotation peut paraître très arbitraire. Nous nous sommes assurés de la possibilité d'interpréter ces résultats de la façon suivante : l'ensemble des 72 plantes d'une série ayant été l'objet de la cotation dans l'ordre de leur disposition sur la parcelle expérimentale, la même observation était reproduite immédiatement après.

Il était, dans ces conditions, impossible de se souvenir de la cote préalablement attribuée à chaque plante et d'être influencé par l'observation précédente.

En comparant ensuite les deux séries de cotes données successivement aux mêmes plantes, on pouvait s'assurer de la valeur de la cotation. En aucun cas, les différences entre deux cotes pour une même plante n'ont dépassé une demi-unité de cette échelle de 0 à 3.

Par conséquent, sur la moyenne portant sur 8 plantes d'un même traitement, la variation était encore beaucoup moindre et la cote moyenne peut être considérée comme fournissant une indication intéressante. La vérification de la valeur de la cote a d'ailleurs souvent été faite par deux observateurs différents. Le premier a mis le second au courant de la méthode conventionnellement choisie et celui-ci a répété les observations de façon tout à fait indépendante de l'autre.

Ici encore, la comparaison des mesures ainsi effectuées a seulement montré des différences inférieures en moyenne à une demi-unité de l'échelle pour un même groupe de plantes.

En outre, comme le tableau 14 le montrera, les moyennes les meilleures se sont répétées, au cours des mois d'observations, toujours dans les mêmes séries expérimentales, ce qui augmente aussi la validité de cette échelle en apparence si arbitraire.

Notons d'ailleurs que, si l'on soumet au traitement statistique les cotes moyennes ainsi obtenues, les différences qu'elles révèlent sont parfaitement significatives.

Nous fournissons donc ici le tableau 14 exprimant l'abondance du jaunissement dans la couronne foliaire du palmier au cours de notre expérimentation, suivant l'échelle que voici :

- 3 = plantes entièrement vertes;
- 2 = plantes dont seules les 2 ou 3 premières feuilles sont jaunies;
- 1 = plantes dont le jaunissement monte jusqu'au tiers environ de la couronne foliaire;
- 0 = plantes dont le jaunissement monte jusqu'à une bonne moitié de la hauteur de la couronne foliaire.

**Tableau 14**

*Jaunissement. — Moyennes par traitements. — SERIE 3.*

| DOSES                          | AGE<br>EN MOIS | TRAITEMENTS |      |      |      |      |      |      |      |      | MOYENNES |
|--------------------------------|----------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                                |                | 1           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |          |
| <i>a) Dose simple . . . .</i>  | 10             | 1,3         | 1,5  | 2,6  | 1,9  | 2,2  | 2,7  | 0,8  | 2,5  | 2,2  | 1,97     |
| <i>b) Dose triple . . . .</i>  | 10             | 2,4         | 2,1  | 2,7  | 2,2  | 2,5  | 2,9  | 1,2  | 2,6  | 2,5  | 2,34     |
| <b>Moyenne des 2 doses . .</b> | 10             | 1,85        | 1,80 | 2,65 | 2,05 | 2,35 | 2,80 | 1,00 | 2,55 | 2,35 | 2,15     |

**Tableau 15**

*Jaunissement. — Moyennes par traitements. — SERIE 4.*

| DOSES                   | AGE<br>EN MOIS | TRAITEMENTS |      |      |      |      |      |      |      |      | MOYENNES |
|-------------------------|----------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
|                         |                | 1           | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |          |
| a) Dose simple . . . .  | 9              | 0,9         | 1,3  | 2,7  | 1,6  | 1,4  | 2,5  | 0,8  | 1,5  | 2,4  | 1,64     |
|                         | 10             | 1,3         | 1,8  | 2,9  | 1,6  | 2,2  | 2,4  | 1,6  | 1,5  | 2,8  | 2,00     |
|                         | 11             | 1,4         | 1,5  | 2,5  | 1,6  | 1,6  | 2,1  | 1,3  | 1,4  | 2,5  | 1,77     |
|                         | 12             | 1,1         | 1,5  | 2,6  | 1,3  | 1,3  | 2,1  | 1,4  | 1,5  | 2,3  | 1,68     |
| b) Dose triple . . . .  | 9              | 2,2         | 1,9  | 2,9  | 2,3  | 2,2  | 2,6  | 1,9  | 2,5  | 2,5  | 2,33     |
|                         | 10             | 2,5         | 2,1  | 3,0  | 2,6  | 2,3  | 3,0  | 2,0  | 2,3  | 3,0  | 2,53     |
|                         | 11             | 2,0         | 2,0  | 2,9  | 2,4  | 2,3  | 3,0  | 1,8  | 2,0  | 2,8  | 2,35     |
|                         | 12             | 2,0         | 2,0  | 3,0  | 2,3  | 2,0  | 2,9  | 1,8  | 2,0  | 2,9  | 2,32     |
| Moyenne des 2 doses . . | 9              | 1,55        | 1,60 | 2,80 | 1,95 | 1,80 | 2,55 | 1,35 | 2,00 | 2,45 | 2,01     |
|                         | 10             | 1,90        | 1,95 | 2,95 | 2,10 | 2,25 | 2,70 | 1,80 | 1,90 | 2,90 | 2,27     |
|                         | 11             | 1,70        | 1,75 | 2,70 | 2,00 | 1,95 | 2,55 | 1,55 | 1,70 | 2,65 | 2,06     |
|                         | 12             | 1,55        | 1,75 | 2,80 | 1,80 | 1,65 | 2,50 | 1,60 | 1,75 | 2,60 | 2,00     |

C'est par les observations répétées que nous avons été conduits à utiliser des chiffres intercalaires passant de demi-unité en demi-unité et dont la validité vient d'être définie ci-dessus. Les moyennes peuvent donc être exprimées avec une approximation de 0,1 unité par groupe et de 0,05 unité pour l'ensemble des plantes.

Ces observations n'ont été pratiquées qu'à partir du mois de mars 1948 (9<sup>e</sup> mois de culture) et se rapportent donc uniquement à la dernière observation sur la série 3 ainsi qu'à quatre observations successives sur la série 4, seule série expérimentale restant en cours à partir de ce moment.

Il convient de noter qu'il n'a pas été possible de distinguer une différence de nuance dans les feuilles jaunies appartenant à des traitements différents.

Le jaunissement tendant au blanc ou le jaunissement tendant à l'orange ne semblent pas être le résultat de traitements différents, mais simplement la marque d'un jaunissement de plus en plus accentué d'une même feuille.

En d'autres termes, le jaunissement commence toujours par une teinte de vert de plus en plus pâle tendant vers le vert blanchâtre suivie d'un jaunissement de plus en plus orienté vers l'orangé, ce qui fait supposer une augmentation secondaire de la formation des caroténoïdes.

Cette explication est donnée à titre d'indication provisoire dans le présent travail. Cette variation de la teneur en caroténoïdes paraît donc se produire d'une façon très générale lorsqu'une feuille subit le phénomène de jaunissement, quelle que soit la cause de celui-ci.

L'examen des tableaux 14-15 nous montre que certaines solutions sont caractérisées tout au long de l'expérience par un nombre extrêmement voisin de 3, ce qui correspond à l'aspect le plus sain des feuilles, tandis que d'autres sont régulièrement caractérisées par un nombre très inférieur qui semble indiquer que l'équilibre minéral est moins favorable à la formation normale des tissus foliaires et en particulier à la teneur en chlorophylle.

On peut constater que l'ordre dans lequel les solutions se présentent, en ce qui concerne leur effet sur le jaunissement des plantes, est le même dans les deux concentrations et par conséquent dans la moyenne. *Ce jaunissement est donc avant tout un effet de l'équilibre existant entre les ions nutritifs, et non pas seulement de la carence en un élément en particulier.*

Si la répétition immédiate des observations fournit des données concordantes, il est toutefois bien évident que l'on ne peut pas être certain de donner, de mois en mois, exactement la même appréciation et il est naturel que la moyenne fluctue d'un mois à l'autre. Bien entendu la moyenne établie chaque mois pour les doses simples et pour les doses triples l'est en une seule fois et les chiffres sont par conséquent entièrement comparables entre les diverses parties des tableaux.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

On est alors frappé du fait que les plantes ayant reçu la dose simple d'aliments présentent, en moyenne, un jaunissement sensiblement plus accentué que celles qui ont reçu la dose triple d'aliments. En d'autres termes, l'aspect des plantes ayant reçu la dose simple est sensiblement moins bon que celui des plantes qui ont reçu la dose triple d'aliments. Avant toute mesure de rendement, l'observateur perçoit en effet une différence d'aspect nettement révélatrice.

On peut encore voir, et cela est une conséquence de la première remarque, que *les différences* entre les traitements sont sensiblement plus marquées dans les plantes qui reçoivent la dose simple d'aliments que dans les autres, c'est-à-dire que *les plantes sont d'autant plus sensibles à un équilibre défavorable qu'elles reçoivent quantitativement moins d'aliments.*

Enfin, remarquons que, tout au long de la végétation, la solution 3, la solution 6 et la solution 9 sont caractérisées par des nombres très voisins de 3, c'est-à-dire au maximum de la cote attribuée à la coloration des feuilles.

Ce sont donc certainement ces trois solutions-là qui au point de vue de la coloration donnent les meilleurs résultats.

La série 3 n'a été observée au point de vue de la coloration des feuilles qu'une seule fois avant son arrêt. Les résultats en sont donnés à la p. 44 et l'on constatera que la moyenne de la coloration, pour les plantes ayant reçu la dose simple, est, là encore, inférieure à la moyenne des plantes ayant reçu la dose triple d'aliments et que les liquides 3 et 6 donnent également les nombres les plus élevés de tous. Ici toutefois, la solution 9 s'avère moins favorable que la formule 8.

Une conséquence pratique se dégage de ces observations : c'est surtout lorsqu'on ne pourra donner aux plantes qu'une quantité minimum d'aliments qu'il conviendra de soigner l'équilibre existant entre les ions de la formule.

Or, il est impossible d'augmenter la dose d'engrais sans risquer de voir cette pratique culturale perdre sa rentabilité.

Le choix de l'équilibre est donc fondamental.

Nous avons déjà signalé que, si les cotes données un même mois sont bien comparables entre elles, leur valeur peut varier d'un mois à l'autre. Pour comparer valablement l'ensemble des données sur le jaunissement nous pouvons, chaque mois, exprimer les cotes en % de la moyenne du mois.

Le tableau 16 fournit ces données pour la série 4 et uniquement pour la moyenne portant sur l'ensemble des deux doses.

L'examen de ce tableau montre la remarquable concordance des cotations de mois à mois en ce qui concerne leurs valeurs relatives. Il fait très nettement ressortir les solutions favorables au point de vue de la coloration des feuilles par le fait que leur cote est supérieure à 100 %.



**Tableau 16**

*Jaunissement des feuilles en % de la moyenne du mois. — SÉRIE 4.  
Moyenne des deux doses.*

| AGE<br>EN MOIS | TRAITEMENTS |    |     |    |     |     |    |     |     |
|----------------|-------------|----|-----|----|-----|-----|----|-----|-----|
|                | 1           | 2  | 3   | 4  | 5   | 6   | 7  | 8   | 9   |
| 9              | 80          | 80 | 140 | 95 | 90  | 125 | 65 | 100 | 120 |
| 10             | 85          | 85 | 130 | 95 | 100 | 120 | 80 | 85  | 130 |
| 11             | 85          | 85 | 130 | 95 | 95  | 125 | 75 | 80  | 130 |
| 12             | 80          | 90 | 140 | 90 | 85  | 125 | 80 | 90  | 130 |

En particulier la solution 3 est de loin la meilleure. Certaines solutions sont pratiquement indifférentes, la cote qui leur est attribuée oscillant très peu autour de 100 %, mais, par contre, la solution 7 est au point de vue de la teinte des feuilles une des plus défavorables.

La solution 8, de valeur moyenne jusqu'au 9<sup>e</sup> mois (ce qui s'accorde fort bien avec les données de la série 3), devient, par la suite, l'une des moins bonnes également.

Il est intéressant de faire une remarque générale en rapport avec les conceptions courantes sur le rôle relatif de l'azote et du phosphore sur la végétation. On se rappellera que les 3 premières solutions sont de même richesse en azote et toutes plus riches que les autres en phosphore, que les 3 dernières solutions sont au contraire toutes pauvres en azote, et également plus riches que les autres en phosphore. Or, dans le premier groupe de solutions, nous rencontrons l'une d'entre elles, le n<sup>o</sup> 3, caractérisée par un effet très favorable et les autres caractérisées par un effet peu favorable; la prédominance de l'azote ne suffit donc pas à donner la coloration verte à la feuille.

Inversement, dans le groupe des trois dernières, nous constatons également une solution caractérisée par une cote nettement supérieure à 100 %, bien que l'azote soit partout en proportions relativement faibles; ce n'est donc ni la dominance d'un seul ion ni la dominance d'un autre qui règle la coloration, mais bien le rapport général existant entre tous les ions présents.

Nous avons enfin tenté d'apprécier le nombre de feuilles nécrosées présentes sur les plantes en observation.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Cette mesure phénologique est moins sûre parce que lorsque les feuilles subissent la nécrose elles se dessèchent progressivement, peuvent se détacher de la plante ou être emportées par le vent.

Pour cette raison, on peut voir le nombre de feuilles nécrosées diminuer au cours de la végétation sur certains spécimens.

L'interprétation de ces données est par conséquent infiniment plus délicate; toutefois, il semble bien que la nécrose soit surtout abondante dans le cas de certains traitements, c'est-à-dire que ces traitements raccourciraient donc la durée normale de vie des feuilles.

A titre d'exemple, nous citerons les équilibres n<sup>os</sup> 7 et 5 comme étant particulièrement peu favorables à ce point de vue.

### § 6. Le rendement en poids frais.

Les rendements pondéraux sont évidemment les indications les plus sûres qui ressortent de l'expérience.

Ils s'obtiennent en fin d'expérience par les pesées à l'état frais et à l'état sec.

Pour exécuter ces pesées, les plantes sont rapidement coupées au ras du sol et dès que le développement de la plante le permet, c'est-à-dire après 6 mois environ, on sépare, lors de la récolte, les feuilles des tiges.

Avant cette période de 6 mois l'opération est impossible parce que sur certains sujets peu développés la limite entre la feuille et le tronc est assez peu distincte.

On pèse rapidement, plante par plante, à l'état frais, les feuilles ou les tiges ou l'ensemble de la partie aérienne, ces matériaux sont alors préparés en vue de la dessiccation qui permettra la détermination du poids sec.

Il faut se rendre compte que l'opération a dû être conduite dans des conditions de laboratoire qui sont loin d'être parfaites et la dessiccation n'a pas pu être exécutée à une température rigoureusement définie.

Il s'en suit que, dans certains cas, la dessiccation a pu être légèrement incomplète tandis que dans d'autres l'élévation de température a pu produire un début de carbonisation. Les poids secs vont donc fluctuer autour de leur valeur exacte d'une manière plus étendue que les poids frais (ceux-ci sont influencés par l'évaporation inévitable) et cette fluctuation peut se faire dans les deux sens pour les poids secs, alors que pour les poids frais il peut seulement se produire une légère perte d'eau entre la récolte et la pesée, ce qui ne provoque jamais qu'une erreur par défaut.

Pour ces raisons, les données sur les poids frais et secs sont envisagées dans deux paragraphes nettement distincts, les erreurs qui les affectent étant indépendantes.

Pour ce qui est des racines, elles sont soigneusement dégagées du sable, une fois toute la série expérimentale arrêtée.

Il est apparu qu'il était peu commode de dégager les racines en arrosant le sable à saturation et, en outre, cette méthode pourrait provoquer une cause d'erreur résultant d'une hydratation anormale des racines, suite à cette irrigation.

On a donc séparé les racines à l'état frais du sable, opération qui prend un certain temps, surtout lorsque les plantes ont déjà atteint un grand développement, et cette lenteur de l'opération se traduit par une perte de poids des racines pendant leur prélèvement et par l'obtention d'un poids systématiquement erroné par défaut.

D'autre part, quel que soit le soin apporté au nettoyage des racines, il est impossible de séparer toutes les particules de sable qui pourraient y adhérer et une petite quantité de sable peut donc affecter le poids d'une erreur par excès.

Ces racines sont donc pesées, plante par plante, aussi vite que possible et puis mises à la dessiccation comme les parties aériennes des plantes.

Il est évident que, en plus des erreurs inhérentes à la dessiccation qui sont communes aux racines et aux parties aériennes, il persiste, sur les racines, l'erreur supplémentaire due aux particules de sable et cette erreur relative est d'autant plus grande que le poids a été réduit par la dessiccation.

On doit donc s'attendre à ce que les poids secs des racines constituent des données expérimentales moins sûres que les autres poids secs, et, d'une manière générale, les poids secs sont des données expérimentales moins sûres que les poids frais.

Les déterminations ont pourtant été faites à frais et à sec, en raison de cette variabilité, pour des causes indépendantes. Des résultats analogues sur matériel frais et sur matériel sec donnent une confirmation de l'effet étudié.

Toutefois, dans les séries 3 et 4, le poids frais des racines n'a pas été déterminé. En effet, en raison du développement atteint par les plantes, la récolte des racines est devenue à ce moment une opération très longue et la pesée à l'état frais eut été sans signification.

Rappelons qu'il y a quatre séries expérimentales : la série 1 comprend les plantes les plus jeunes au départ; terminée, elle correspond à 3 mois de végétation par rapport aux autres; la série 2 correspond à 4 mois de végétation; la série 3 a été arrêtée après une végétation de 8 mois; enfin, la série 4 après une végétation de 1 an.

Les plantes de la série 1 pesaient au départ 7 g en moyenne. Celles des séries 2, 3 et 4, en moyenne 8,5 g.

Afin d'éviter tout doute, précisons tout d'abord les formules que nous avons utilisées pour l'étude statistique des données expérimentales.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

La déviation  $\sigma$  de la moyenne est donnée par la formule :

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n(n-1)}}$$

La déviation de la différence entre deux moyennes est donnée par la formule :

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\frac{n_1}{n_2} \sigma_1^2 + \frac{n_2}{n_1} \sigma_2^2}$$

Les probabilités sont exprimées d'après les tables de Fisher et leur interprétation est donnée dans chaque cas particulier. La considération conventionnelle d'après laquelle 5 % de probabilité qu'un effet soit dû au hasard suffit à considérer cet effet comme inexistant n'est pas acceptée dans tous les cas <sup>1</sup>.

Dans l'étude du développement mesuré par le poids frais, nous fournirons tout d'abord :

### A. Données directes de l'expérience.

Dans les tableaux qui forment ces données (tableaux 17,...), comme dans tous ceux qui suivent, les symboles suivants sont utilisés :

T = tiges;

F = feuilles;

T+F = ensemble de la partie aérienne de la plante;

R = racines;

T+F+R = ensemble de la plante.

*Remarque.* — Dans le tableau 17, les nombres placés entre parenthèses sont des poids frais calculés à partir des poids secs (seule donnée directe ici, voir p. 82), sur la base du rapport moyen établi dans les séries précédentes. Ces valeurs sont fournies ici afin qu'il soit possible de se faire une idée approximative du poids total des plantes. Il est évident que sur ces valeurs indirectes aucun calcul statistique n'est opéré.

A partir des données directes du tableau 17, nous pouvons procéder aux comparaisons prévues ultérieurement.

1. Nous suivons en cela l'opinion de SIMPSON et RØE, selon lesquels, dans l'analyse d'expérience portant sur un petit nombre de sujets, il est plus fructueux de calculer toutes les probabilités plutôt que de ne tenir compte que des cas où, par convention, on considère ces probabilités comme équivalant pratiquement à une certitude.

**Tableau 17**

*Rendement en poids frais (moyenne par plante).*

| SÉRIES | PARTIES | TRAITEMENTS  |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|        |         | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            |
| 1      | T+F     | 14,3<br>±2,4 | 10,3<br>±1,8 | 11,8<br>±2,5 | 10,9<br>±1,6 | 11,2<br>±2,0 | 10,4<br>±1,1 | 8,2<br>±1,1  | 10,2<br>±1,7 | 10,1<br>±1,4 |
|        | R       | 14,1<br>±2,6 | 9,3<br>±1,6  | 10,8<br>±2,3 | 10,7<br>±2,2 | 10,6<br>±2,4 | 9,3<br>±1,4  | 8,6<br>±1,1  | 10,1<br>±2,0 | 9,7<br>±1,8  |
|        | T+F+R   | 28,5<br>±5,0 | 19,6<br>±3,3 | 22,6<br>±4,7 | 21,5<br>±3,7 | 21,8<br>±4,2 | 19,7<br>±2,5 | 16,9<br>±2,0 | 20,3<br>±3,6 | 19,8<br>±3,1 |
| 2      | T+F     | 27,1<br>±3,4 | 30,9<br>±4,0 | 30,8<br>±1,3 | 26,2<br>±1,9 | 29,3<br>±1,9 | 30,8<br>±3,5 | 25,3<br>±2,4 | 24,8<br>±3,1 | 26,7<br>±3,4 |
|        | R       | 21,1<br>±3,5 | 25,3<br>±3,2 | 26,4<br>±2,0 | 21,7<br>±2,4 | 27,2<br>±3,4 | 23,4<br>±1,6 | 21,6<br>±2,4 | 21,2<br>±3,5 | 21,6<br>±3,4 |
|        | T+F+R   | 48,1<br>±6,8 | 56,2<br>±6,4 | 57,1<br>±3,1 | 47,9<br>±3,8 | 56,6<br>±5,3 | 54,1<br>±4,7 | 46,9<br>±4,5 | 45,8<br>±6,4 | 48,3<br>±6,5 |

**Tableau 17 (suite).**

*Rendement en poids frais (moyenne par plante).*

| SÉRIES | PARTIES   | TRAITEMENTS  |              |              |              |              |              |              |              |              |
|--------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|        |           | 1            | 2            | 3            | 4            | 5            | 6            | 7            | 8            | 9            |
| 3      | T + F     | 430<br>±70   | 553<br>±73   | 540<br>±76   | 318<br>±94   | 355<br>±61   | 482<br>±49   | 393<br>±66   | 301<br>±69   | 547<br>±35   |
|        | R         | (175)        | (215)        | (235)        | (125)        | (150)        | (235)        | (130)        | (145)        | (235)        |
|        | T + F + R | (605)        | (768)        | (775)        | (443)        | (505)        | (717)        | (523)        | (446)        | (782)        |
| 4      | T + F     | 2456<br>±352 | 2569<br>±202 | 2843<br>±332 | 2283<br>±367 | 2303<br>±345 | 2434<br>±170 | 1980<br>±382 | 1910<br>±165 | 2715<br>±474 |
|        | R         | (905)        | (1055)       | (1140)       | (720)        | (1060)       | (1060)       | (655)        | (960)        | (1220)       |
|        | T + F + R | (3361)       | (3624)       | (3983)       | (3003)       | (3363)       | (3494)       | (2635)       | (2870)       | (3935)       |

**I. Comparaisons par couples de traitements.**

On établit tout d'abord les différences entre les rendements. Pour chacune de ces différences nous calculons la déviation suivant la formule donnée p. 51 et, à partir de celle-ci, nous pouvons établir la probabilité de signification de la différence en question. Nous exprimons cette probabilité en % de chances que la différence soit significative et non pas (comme cela se fait le plus couramment) par le % de chances que la différence soit imputable au hasard, c'est-à-dire que les deux valeurs dont on exprime la différence appartiennent à une même population (chacune de ces expressions complète l'autre à 100).

Par conséquent, toutes les valeurs de probabilités supérieures à 50 correspondent à des différences qui ont plus de chances d'être imputables au traitement qu'au hasard. De même, une probabilité de 95 correspondrait à la valeur couramment admise pour indiquer que la différence est significative. Dans les tableaux suivants, nous ne reproduisons que les valeurs de probabilité supérieures à 50.

De cette façon, la simple répartition des données dans les tableaux fournit une indication complémentaire sur la valeur des formules, indication que nous interprétons plus loin.

Les probabilités relatives à cette comparaison par couples de traitements sont données dans les tableaux 18 à 25.

**Tableau 18 (1)**

*Probabilité de signification des différences de rendement par couples de traitements.*

SERIE 1. — T+F — Poids frais.

|   |    |    |    |    |    |    |    |   |
|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8 |
| 9 | 87 |    |    |    |    |    | 75 |   |
| 8 | 83 |    |    |    |    |    | 69 |   |
| 7 | 98 | 69 | 82 | 83 | 83 | 84 |    |   |
| 6 | 85 |    |    |    |    |    |    |   |
| 5 | 69 |    |    |    |    |    |    |   |
| 4 | 75 |    |    |    |    |    |    |   |
| 3 | 53 |    |    |    |    |    |    |   |
| 2 | 82 |    |    |    |    |    |    |   |

(1) Nous utilisons les symboles T pour la tige, F pour les feuilles, R pour les racines.

**Tableau 19**

*Probabilité de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SERIE 1. — R — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 9 | 86 |    |    |    |    |    | 57 |   |
| 8 | 82 |    |    |    |    |    | 60 |   |
| 7 | 97 | 51 | 75 | 72 | 71 | 62 |    |   |
| 6 | 88 |    |    |    |    |    |    |   |
| 5 | 70 |    |    |    |    |    |    |   |
| 4 | 74 |    |    |    |    |    |    |   |
| 3 | 61 |    |    |    |    |    |    |   |
| 2 | 87 |    |    |    |    |    |    |   |

**Tableau 20**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SERIE 1. — T+F+R — Poids frais.

|   | 1  | 2 | 3  | 4  | 5  | 6 | 7  | 8 |
|---|----|---|----|----|----|---|----|---|
| 9 | 84 |   |    |    |    |   |    |   |
| 8 | 80 |   |    |    |    |   | 51 |   |
| 7 | 95 |   | 62 | 60 | 56 |   |    |   |
| 6 | 90 |   |    |    |    |   |    |   |
| 5 | 69 |   |    |    |    |   |    |   |
| 4 | 69 |   |    |    |    |   |    |   |
| 3 | 69 |   |    |    |    |   |    |   |
| 2 | 89 |   |    |    |    |   |    |   |



**Tableau 21**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SERIE 2. — T+F — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 9 |    | 58 | 74 |    | 50 | 60 |   |   |
| 8 |    | 78 | 92 |    | 80 | 81 |   |   |
| 7 |    | 78 | 96 |    | 81 | 81 |   |   |
| 6 | 56 |    |    | 76 |    |    |   |   |
| 5 |    |    |    | 76 |    |    |   |   |
| 4 |    | 72 | 96 |    |    |    |   |   |
| 3 | 71 |    |    |    |    |    |   |   |
| 2 | 53 |    |    |    |    |    |   |   |

**Tableau 22**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SERIE 2. — R — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|---|---|---|
| 9 |    | 58 | 78 |    | 77 |   |   |   |
| 8 |    | 62 | 81 |    | 79 |   |   |   |
| 7 |    | 65 | 88 |    | 82 |   |   |   |
| 6 |    |    | 76 |    | 69 |   |   |   |
| 5 | 80 |    |    | 81 |    |   |   |   |
| 4 |    | 63 | 88 |    |    |   |   |   |
| 3 | 82 |    |    |    |    |   |   |   |
| 2 | 62 |    |    |    |    |   |   |   |

**Tableau 23**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 2. — T+F+R — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 9 |    | 62 | 78 |    | 68 | 54 |   |   |
| 8 |    | 76 | 89 |    | 81 | 71 |   |   |
| 7 |    | 77 | 94 |    | 84 | 73 |   |   |
| 6 | 53 |    |    | 71 |    |    |   |   |
| 5 | 68 |    |    | 82 |    |    |   |   |
| 4 |    | 74 | 94 |    |    |    |   |   |
| 3 | 78 |    |    |    |    |    |   |   |
| 2 | 61 |    |    |    |    |    |   |   |

**Tableau 24**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 3. — T+F — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 87 |    |    | 98 | 99 | 73 | 96 | 99 |
| 8 | 82 | 99 | 98 |    |    | 97 | 66 |    |
| 7 |    | 89 | 86 |    |    | 73 |    |    |
| 6 |    | 59 |    | 88 | 89 |    |    |    |
| 5 | 59 | 96 | 94 |    |    |    |    |    |
| 4 | 66 | 95 | 94 |    |    |    |    |    |
| 3 | 72 |    |    |    |    |    |    |    |
| 2 | 78 |    |    |    |    |    |    |    |

**Tableau 25**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 4. — T+F — Poids frais.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 |    |    |    | 53 | 52 |    | 78 | 89 |
| 8 | 84 | 99 | 99 | 65 | 71 | 97 |    |    |
| 7 | 64 | 83 | 91 |    |    | 73 |    |    |
| 6 |    |    | 74 |    |    |    |    |    |
| 5 |    | 50 | 75 |    |    |    |    |    |
| 4 |    | 51 | 75 |    |    |    |    |    |
| 3 | 58 | 52 |    |    |    |    |    |    |
| 2 |    |    |    |    |    |    |    |    |

L'examen de ces tableaux montre que, dans une même série, les probabilités supérieures à 50 % se répartissent dans les mêmes cases pour les parties aériennes ou les racines. Les rares exceptions à cette remarque sont pratiquement toujours au détriment des mesures portant sur les racines où, d'une façon générale, les probabilités sont inférieures aux autres.

Cela s'explique d'ailleurs par les observations rappelées p. 50 au sujet des causes d'erreur supplémentaires qui affectent les pesées des racines.

Il en résulte — et ceci est vrai pour toutes les données — que les chiffres les plus sûrs sont ceux qui concernent les parties aériennes des plantes ou encore, dans certains cas, l'ensemble de la plante (voir notamment tableau 23 : Série 2 — T+F+R).

Comparons ensuite les tableaux relatifs aux parties aériennes dans les quatre séries expérimentales (tableaux 18-21-24-25).

Nous voyons que, dans la première, les valeurs les plus significatives se trouveront pour les couples de traitements comprenant soit le traitement 1, soit le 7. C'est dans la comparaison de ces deux traitements

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

entre eux que se trouve la probabilité la plus haute, ce qui indique dès l'abord que les effets de ces deux traitements sont opposés.

Dans la série 2, les probabilités supérieures à 50 % se répartissent dans les couples de traitements comportant les traitements 2, 3, 5 et 6. Les cases correspondant aux comparaisons 2 et 3 et 5-6, 2-6, 3-6, 2-5 et 3-5 sont vides, ce qui indique que les quatre traitements 2, 3, 5 et 6 diffèrent fort peu entre eux dans leur effet. Les probabilités les plus hautes se trouvent aux comparaisons entre les traitements 3-8, 3-7 et 3-4, ce qui indique que les traitements dont les effets diffèrent le plus sont le 3 d'une part, les 4, 7 et 8 de l'autre.

Dans les séries 3 et 4 les probabilités élevées sont plus nombreuses encore. Cette progression du nombre de comparaisons où la probabilité est grande montre que l'expérience, dans son ensemble, devient plus révélatrice, lorsque sa durée s'accroît.

On pourrait déjà en conclure que la série 1 a été arrêtée à un stade de croissance trop peu avancé pour fournir des indications très utiles. Nous verrons plus loin qu'elles ne sont toutefois pas négligeables.

Dans les deux dernières séries, les probabilités supérieures à 50 sont les plus nombreuses dans les comparaisons comportant l'un des traitements suivants : 2, 3, 6, 7, 8 (pour le 6, ceci est surtout valable dans la série 3).

Après cette considération de l'évolution générale des indications fournies par l'expérience, nous donnons, dans les tableaux 26 à 33 les différences effectivement existantes dans chacune des comparaisons où les tableaux précédents ont montré des probabilités supérieures à 50. Pour ne pas rendre la lecture des tableaux trop pénible, nous n'y avons pas indiqué les erreurs sur les différences. En effet, l'étude sur le plan adopté fait apparaître des indications qui, isolément, ne sont pas statistiquement valables, mais dont la succession dans le temps peut être intéressante. Nous reprendrons plus loin la considération des erreurs dans les cas intéressants.

Dans les tableaux des différences (tableaux 26 à 33) nous avons exprimé celles-ci en valeurs relatives, afin de faciliter les comparaisons. Ces valeurs relatives sont données en % du moins favorable des deux effets comparés.

Ces tableaux sont à double entrée. Chaque traitement y figure en tête de colonne et en tête de ligne.

Nous avons attribué à l'effet du traitement dont le numéro est en tête de colonne le signe positif et à celui dont le numéro est en tête de ligne le signe négatif. Une différence positive indique donc que le traitement correspondant à la colonne produit un rendement supérieur à celui de la ligne, et inversement.

**Tableau 26***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais*

SÉRIE 1. — T+F

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | -39 | -21 | -36 | -28 | -37 | -74 | -40 | -42 |
| 2 | +39 |     |     |     |     |     | -25 |     |     |
| 3 | +21 |     |     |     |     |     | -44 |     |     |
| 4 | +36 |     |     |     |     |     | -33 |     |     |
| 5 | +28 |     |     |     |     |     | -37 |     |     |
| 6 | +37 |     |     |     |     |     | -27 |     |     |
| 7 | +74 | +25 | +44 | +33 | +37 | +27 |     | +24 | +23 |
| 8 | +40 |     |     |     |     |     | -24 |     |     |
| 9 | +42 |     |     |     |     |     | -23 |     |     |

**Tableau 27***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.*

SÉRIE 1. — R

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | -52 | -31 | -32 | -33 | -52 | -64 | -40 | -45 |
| 2 | +52 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3 | +31 |     |     |     |     |     | -26 |     |     |
| 4 | +32 |     |     |     |     |     | -24 |     |     |
| 5 | +33 |     |     |     |     |     | -23 |     |     |
| 6 | +52 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 7 | +64 |     | +26 | +24 | +23 |     |     | +17 |     |
| 8 | +40 |     |     |     |     |     | -17 |     |     |
| 9 | +45 |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Tableau 28***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 1. — T+F+R**

|          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>1</b> |     | -45 | -26 | -32 | -31 | -45 | -69 | -40 | -43 |
| <b>2</b> | +45 |     |     |     |     |     | -16 |     |     |
| <b>3</b> | +26 |     |     |     |     |     | -29 |     |     |
| <b>4</b> | +32 |     |     |     |     |     | -27 |     |     |
| <b>5</b> | +31 |     |     |     |     |     | -29 |     |     |
| <b>6</b> | +45 |     |     |     |     |     | -17 |     |     |
| <b>7</b> | +69 | +16 | +29 | +27 | +29 | +17 |     | +20 | +17 |
| <b>8</b> | +40 |     |     |     |     |     | -20 |     |     |
| <b>9</b> | +43 |     |     |     |     |     | -17 |     |     |

**Tableau 29***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 2. — T+F**

|          | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| <b>1</b> |     | +14 | +14 |     |     | +14 |     |     |     |
| <b>2</b> | -14 |     |     | -18 |     |     | -22 | -25 | -16 |
| <b>3</b> | -14 |     |     | -18 |     |     | -22 | -24 | -15 |
| <b>4</b> |     | +18 | +18 |     | +12 | +18 |     |     |     |
| <b>5</b> |     |     |     | -12 |     |     | -16 | -18 | -10 |
| <b>6</b> | -14 |     |     | -18 |     |     | -22 | -24 | -15 |
| <b>7</b> |     | +22 | +22 |     | +16 | +22 |     |     |     |
| <b>8</b> |     | +25 | +24 |     | +18 | +24 |     |     |     |
| <b>9</b> |     | +16 | +15 |     | +10 | +15 |     |     |     |

**Tableau 30***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 2. — R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +20 | +25 |     | +29 |     |     |     |     |
| 2 | -20 |     |     | -17 |     |     | -17 | -19 | -17 |
| 3 | -25 |     |     | -22 |     | -13 | -22 | -25 | -22 |
| 4 |     | +17 | +22 |     | +25 |     |     |     |     |
| 5 | -29 |     |     | -25 |     | -16 | -26 | -28 | -26 |
| 6 |     |     | +13 |     | +16 |     |     |     |     |
| 7 |     | +18 | +22 |     | +26 |     |     |     |     |
| 8 |     | +19 | +25 |     | +28 |     |     |     |     |
| 9 |     | +17 | +22 |     | +26 |     |     |     |     |

**Tableau 31***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 2. — T+F+R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +17 | +19 |     | +18 | +12 |     |     |     |
| 2 | -17 |     |     | -17 |     |     | -20 | -23 | -16 |
| 3 | -19 |     |     | -19 |     |     | -22 | -25 | -18 |
| 4 |     | +17 | +19 |     | +18 | +13 |     |     |     |
| 5 | -18 |     |     | -18 |     |     | -21 | -24 | -17 |
| 6 | -12 |     |     | -13 |     |     | -15 | -18 | -12 |
| 7 |     | +20 | +22 |     | +21 | +15 |     |     |     |
| 8 |     | +23 | +25 |     | +24 | +18 |     |     |     |
| 9 |     | +16 | +18 |     | +17 | +12 |     |     |     |

**Tableau 32***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 3. — T+F**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +29 | +26 | -35 | -21 |     |     | -43 | +27 |
| 2 | -29 |     |     | -74 | -56 | -15 | -41 | -84 |     |
| 3 | -26 |     |     | -70 | -52 |     | -37 | -79 |     |
| 4 | +35 | +74 | +70 |     |     | +52 |     |     | +72 |
| 5 | +21 | +56 | +52 |     |     | +36 |     |     | +54 |
| 6 |     | +15 |     | -52 | -36 |     | -23 | -60 | +14 |
| 7 |     | +41 | +37 |     |     | +23 |     | -31 | +39 |
| 8 | +43 | +84 | +79 |     |     | +60 | +31 |     | +82 |
| 9 | -27 |     |     | -72 | -54 | -14 | -39 | -82 |     |

**Tableau 33***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids frais.***SÉRIE 4. — T+F**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     |     | +16 |     |     |     | -24 | -29 |     |
| 2 |     |     | +11 | -13 | -11 |     | -30 | -34 |     |
| 3 | -16 | -11 |     | -25 | -23 | -17 | -44 | -49 |     |
| 4 |     | +13 | +25 |     |     |     |     | -20 | +19 |
| 5 |     | +11 | +23 |     |     |     |     | -21 | +17 |
| 6 |     |     | +17 |     |     |     | -23 | -27 |     |
| 7 | +24 | +30 | +44 |     |     | +23 |     |     | +37 |
| 8 | +29 | +34 | +49 | +20 | +21 | +27 |     |     | +42 |
| 9 |     |     |     | -19 | -17 |     | -37 | -42 |     |



Cette façon de procéder permet de juger, d'un simple coup d'œil, de l'effet des différents traitements. Ainsi, dans le tableau 26, relatif à la série 1, tous les nombres de la colonne 1 sont positifs et tous les nombres de la colonne 7 sont négatifs.

Cela veut dire que le premier traitement est supérieur dans son effet à chacun des 8 autres pris isolément, alors que le septième est inférieur à chacun des 8 autres. La formule 1 est donc la meilleure et la formule 7 la plus mauvaise. Il est par conséquent tout naturel que la plus grande différence d'effet se manifeste dans la comparaison entre les traitements 1 et 7. C'est en effet ce qui apparaît au tableau 26 (+74 dans la colonne 1, -74 dans la colonne 7).

Enfin, la faible valeur de certaines différences telles que :

|             |             |
|-------------|-------------|
| 21 pour 1-3 | 23 pour 7-9 |
| 24 pour 7-8 | 25 pour 7-2 |

indique que la solution 3 est d'un effet peu différent de la solution 1 et que les solutions 2, 8 et 9 sont d'un effet peu différent de la solution 7 (tableau 26).

Des conclusions identiques se tirent de l'examen des autres tableaux relatifs à la série 1 (tableaux 27 et 28).

Envisageons ensuite le tableau 29 relatif à la série 2, partie aérienne des plantes.

Nous constatons que les valeurs inscrites dans la colonne 1 sont toutes négatives.

Il en est de même des nombres des colonnes 4, 7, 8 et 9. Par contre, celles des colonnes 2, 3, 5 et 6 sont positives. Chacun de ces derniers traitements est donc supérieur à chacun de ceux du premier groupe. Les traitements soumis à l'expérience se répartissent donc en deux groupes, les uns favorables, les autres défavorables. Les plus fortes différences s'observent dans les couples 2-8, 3-8, 6-8, ce qui indique que la formule 8 est la moins bonne du point de vue du rendement pondéral.

Ces conclusions sont valables pour les poids des racines dans la série 2, à l'exception des nombres relatifs au traitement 6. Elles s'entendent sans restriction à l'ensemble de la plante (tableau 31).

Examinons ensuite le tableau 32 relatif à la série 3. Les valeurs inscrites dans les colonnes 2 et 3 sont encore toutes positives. Celles de la colonne 6 le sont de façon dominante, mais les nombres de la colonne 5 sont tous négatifs. Dans l'autre groupe de traitements, seules les colonnes 4, 7 et 8 montrent uniquement des valeurs négatives (exception : 7-8). Les nombres de la colonne 9 sont maintenant tous positifs et ceux de la colonne 1 tantôt positifs, tantôt négatifs.

Cela signifie que les solutions 2, 3 et 9 sont supérieures dans leurs effets aux solutions 1, 4, 5, 6, 7 et 8 (exception : le couple 3-6).

La solution 6 est toutefois également plus favorable que les solutions

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

4, 5, 7 et 8. Les solutions 4, 7 et 8 sont donc inférieures dans leur effet à toutes les autres. L'absence de différence au tableau indique que les solutions 2, 3 et 9 ont des effets peu différents. Il en est de même des solutions 3 et 6 et, parmi les mauvaises formules, les n<sup>os</sup> 4 et 5. La solution 1 occupe clairement une position intermédiaire du point de vue de sa valeur. Les deux comparaisons donnant les plus grandes différences sont : 2-8 et 3-8.

L'examen du tableau 33 relatif à la série 4 conduit à des conclusions très voisines :

- Traitement le plus fréquemment favorable : 3.
- Traitements souvent favorables : 2 et 9.
- Traitement souvent défavorable : 7.
- Traitements assez indifférents : 1, 4 et 5.
- Traitement le plus défavorable : 8.
- Comparaison marquant la plus grande différence : 3-8.

Si, dans les données précédentes nous ne retenons que les différences qui sont significatives (ou qui en sont fort près) nous constatons que :

### 1. DANS LA PREMIÈRE SÉRIE.

Le traitement 1 est d'un effet supérieur à celui du traitement 7.

Différence relative :

|       |              |                      |         |
|-------|--------------|----------------------|---------|
| T+F   | : 74 % ± 33. | Probabilité d'erreur | 0,02.   |
| R     | : 64 % ± 32. | »                    | » 0,05. |
| T+F+R | : 70 % ± 33. | »                    | » 0,03. |

### 2. DANS LA SECONDE SÉRIE.

Le traitement 1 n'est pas significativement d'un effet supérieur aux autres.

Le traitement 3 est d'un effet supérieur à celui des traitements 4, 7 et 8. Les différences relatives sont :

#### 3 comparé à 4.

|       |              |                      |         |
|-------|--------------|----------------------|---------|
| T+F   | : 18 % ± 9.  | Probabilité d'erreur | 0,04.   |
| R     | : 22 % ± 14. | »                    | » 0,12. |
| T+F+R | : 19 % ± 10. | »                    | » 0,06. |

#### 3 comparé à 7.

|       |              |                      |         |
|-------|--------------|----------------------|---------|
| T+F   | : 22 % ± 10. | Probabilité d'erreur | 0,04.   |
| R     | : 22 % ± 14. | »                    | » 0,12. |
| T+F+R | : 22 % ± 12. | »                    | » 0,06. |

3 comparé à 8.

|       |              |                      |         |
|-------|--------------|----------------------|---------|
| T+F   | : 24 % ± 14. | Probabilité d'erreur | 0,08.   |
| R     | : 25 % ± 19. | »                    | » 0,19. |
| T+F+R | : 25 % ± 16. | »                    | » 0,11. |

3. DANS LA TROISIÈME SÉRIE.

Le traitement 2 est d'un effet supérieur aux traitements 4, 5 et 8.  
Les différences relatives sont :

2 comparé à 4.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 74 % ± 37. | Probabilité d'erreur | 0,05. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

2 comparé à 5.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 56 % ± 27. | Probabilité d'erreur | 0,04. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

2 comparé à 8.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 84 % ± 34. | Probabilité d'erreur | 0,01. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

Le traitement 3 est d'un effet supérieur aux traitements 4, 5 et 8.  
Les différences relatives sont :

3 comparé à 4.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 70 % ± 38. | Probabilité d'erreur | 0,06. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

3 comparé à 5.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 52 % ± 27. | Probabilité d'erreur | 0,06. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

3 comparé à 8.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 79 % ± 34. | Probabilité d'erreur | 0,02. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

Le traitement 6 est d'un effet supérieur au traitement 8. Les différences relatives sont :

6 comparé à 8.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 60 % ± 28. | Probabilité d'erreur | 0,03. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

Le traitement 9 est d'un effet supérieur aux traitements 4, 5, 7 et 8.  
Les différences relatives sont :

9 comparé à 4.

|     |              |                      |       |
|-----|--------------|----------------------|-------|
| T+F | : 72 % ± 32. | Probabilité d'erreur | 0,02. |
|-----|--------------|----------------------|-------|

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

### 9 comparé à 5.

T+F : 54 %  $\pm$  20. Probabilité d'erreur 0,01.

### 9 comparé à 7.

T+F : 39 %  $\pm$  19. Probabilité d'erreur 0,04.

### 9 comparé à 8.

T+F : 82 %  $\pm$  26. Probabilité d'erreur 0,01.

## 4. DANS LA QUATRIÈME SÉRIE.

a) Le traitement 2 est d'un effet supérieur au traitement 8. Les différences relatives sont :

T+F : 34 %  $\pm$  13. Probabilité d'erreur 0,01.

b) Le traitement 3 est d'un effet supérieur aux traitements 7 et 8.

### 3 comparé à 7.

T+F : 44 %  $\pm$  26. Probabilité d'erreur 0,09.

### 3 comparé à 8.

T+F : 49 %  $\pm$  20. Probabilité d'erreur 0,01.

c) Le traitement 6 est d'un effet supérieur au traitement 8. Les différences relatives sont :

T+F : 27 %  $\pm$  12. Probabilité d'erreur 0,03.

L'intérêt que présentait l'étude des cas où la probabilité est simplement supérieure à 50 % (probabilité d'erreur plus petite que 0,50) apparaît maintenant.

La répartition des probabilités dans les cases des tableaux 18 à 25 permet de constater que non seulement certains traitements exercent à coup sûr une action différente de certains autres, mais que leur effet est probablement différent d'autres traitements plus nombreux.

Lorsque cette constatation se répète dans les séries successives (comme c'est le cas pour la troisième d'une part, pour la huitième de l'autre) on est en droit de considérer que ces solutions ont des effets plus généralisés que ne le suggère la seule considération des différences significatives. Nous revenons sur l'interprétation générale pour chaque traitement à la p. 68.

## 2. Comparaison de chaque traitement à la moyenne des plantes non traitées.

Le principe de cette comparaison est exposé p. 30.

Les résultats en sont exprimés dans le tableau 35 où les rendements sont établies en % de ceux des plantes non soumises au traitement considéré (désigné par le numéro en tête de colonne). Les probabilités de signification relatives à ces différences, sont données au tableau 34 sur le même plan que pour les comparaisons précédentes (voir p. 51).

Ces deux tableaux permettent de juger de la valeur de chaque traitement tout au long de l'expérience.

Les parties aériennes des plantes seront seules considérées, puisque nous ne possédons pas les poids frais des racines pour les deux dernières séries.

*Série 1.* Seuls se dégagent les traitements 1 et 7, le premier comme étant plus favorable que la moyenne des autres, le second comme l'étant moins.

Ceci confirme la conclusion que nous avons tirée de l'ensemble des comparaisons par couples : la probabilité de signification est évidemment moindre ici que dans le couple le plus significatif puisque la moyenne des témoins comprend l'effet de traitements peu différents du 1 ou du 7 (notamment le 3 par rapport au 1 ou le 8 par rapport au 7). Cette expression présente cependant l'avantage de permettre le classement des traitements dans l'ordre d'effet de moins en moins favorable. Ce classement est établi dans le tableau 36 où un espace sépare les effets supérieurs et inférieurs à la moyenne.

*Série 2.* En résumé, les traitements 2, 3 et 6 sont les meilleurs. Les traitements 7 et 8 les moins bons. L'effet particulièrement marqué du traitement 1 au début de l'expérience est, ou bien très éphémère, ou bien dû à un accident, en dépit de sa haute signification (probabilité d'erreur 0,03).

*Série 3.* Les traitements 2, 3 et 6 restent les meilleurs. Le traitement 8 reste le plus mauvais. Le traitement 4, déjà peu favorable dans la seconde série, voit cet effet s'accroître. Le traitement 7 reste peu favorable. Le traitement 9 se présente ici comme un des meilleurs.

*Série 4.* Le traitement 3 reste le meilleur, dépassant les traitements 2, 6 et 9, ce dernier restant cependant excellent. Le traitement 8 reste le plus mauvais, le 7 peu favorable et les autres peu différents de la moyenne.

L'évolution générale se résume par le tableau 36.

**Tableau 34**

*Poids frais. Probabilités relatives à l'effet de chaque traitement comparé à la moyenne des plantes non traitées.*

| SÉRIES | PARTIES | TRAITEMENTS |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|---------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|        |         | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 1      | T+F     | 97          | 28 | 46 | 5  | 18 | 23 | 91 | 32 | 36 |
|        | R       | 95          | 44 | 19 | 15 | 11 | 45 | 69 | 11 | 26 |
|        | T+F+R   | 97          | 36 | 30 | 6  | 14 | 35 | 80 | 21 | 32 |
| 2      | T+F     | 26          | 71 | 76 | 53 | 41 | 69 | 69 | 78 | 39 |
|        | R       | 58          | 55 | 78 | 46 | 84 | 3  | 48 | 54 | 46 |
|        | T+F+R   | 47          | 69 | 80 | 53 | 74 | 44 | 65 | 73 | 44 |
| 3      | T+F     | 3           | 90 | 85 | 88 | 74 | 61 | 39 | 94 | 84 |
| 4      | T+F     | 18          | 46 | 87 | 27 | 22 | 13 | 81 | 90 | 70 |

**Tableau 35**

*Poids frais obtenu dans chaque traitement en % du poids frais moyen des plantes non traitées.*

| SÉRIES | PARTIES | TRAITEMENTS |     |     |     |     |     |    |    |     |
|--------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
|        |         | 1           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9   |
| 1      | T+F     | 138         | 94  | 110 | 101 | 104 | 95  | 74 | 94 | 93  |
|        | R       | 142         | 89  | 105 | 104 | 103 | 89  | 81 | 97 | 93  |
|        | T+F+R   | 140         | 92  | 108 | 101 | 103 | 92  | 78 | 95 | 93  |
| 2      | T+F     | 96          | 112 | 112 | 93  | 105 | 112 | 89 | 87 | 95  |
|        | R       | 89          | 110 | 115 | 92  | 119 | 100 | 92 | 90 | 92  |
|        | T+F+R   | 93          | 111 | 113 | 93  | 112 | 106 | 91 | 88 | 94  |
| 3      | T+F     | 99          | 132 | 129 | 71  | 81  | 115 | 91 | 67 | 128 |
| 4      | T+F     | 103         | 109 | 122 | 95  | 96  | 102 | 81 | 78 | 116 |

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

Ce tableau fait ressortir l'accentuation progressive de la valeur des traitements 3, la constance des traitements 2 et 6 (dès la 2<sup>e</sup> série) parmi les traitements favorables, celle des traitements 4, 7 et 8 parmi les mauvais.

Les résultats qui expriment les rendements pondéraux obtenus par les divers traitements sont avantageusement représentés dans un diagramme d'un nouveau type auquel nous donnons le nom de diagramme prismatique.

**Tableau 36**

*Classement des effets des traitements sur le rendement en poids frais.*

| SÉRIES | PARTIES | ORDRE DE RENDEMENT DÉCROISSANT |           |
|--------|---------|--------------------------------|-----------|
| 1      | T + F   | 1-3-5-4                        | 6-2-8-9-7 |
| 2      | T + F   | 2-3-6-5                        | 1-9-4-7-8 |
| 3      | T + F   | 2-3-9-6                        | 1-7-5-4-8 |
| 4      | T + F   | 3-9-2-1-6                      | 5-4-7-8   |
| <hr/>  |         |                                |           |
| 1      | R       | 1-3-4-5                        | 8-9-2-6-7 |
| 2      | R       | 5-3-2-6                        | 9-7-4-8-1 |

En effet l'existence simultanée de mesures variables empêche d'utiliser la représentation graphique ordinaire du diagramme triangulaire.

Le diagramme prismatique représente en perspective un prisme à base triangulaire disposé verticalement.

Chacune des arêtes correspond à la dominance d'un anion. Sur les arêtes sont marquées les intersections de trois plans qui correspondent chacun à la dominance d'un cation.

A l'intersection de chaque arête et de chaque plan un chiffre est indiqué qui exprime le rendement pondéral obtenu dans la combinaison où l'anion et le cation en question dominant.

Les chiffres que nous reproduisons dans ce diagramme sont uniquement les valeurs relatives en % de la moyenne des plantes n'ayant pas subi le traitement considéré.

L'ensemble des diagrammes prismatiques relatifs au poids frais sont donnés dans les figures 4 à 9.



L'intérêt de ces diagrammes apparaît au premier coup d'œil. En effet la région où les nombres supérieurs à la moyenne sont répartis est concentrée d'un côté de ce diagramme, surtout à partir de la seconde série, c'est-à-dire là où l'effet de l'expérience a commencé à se marquer d'une manière nette.

Il est ainsi apparent que dans l'ensemble des dominances ioniques que le diagramme prismatique met en évidence, certaines, groupées d'un même côté du diagramme, constituent des conditions défavorables à la croissance de la plante, alors que les autres, situées dans la région opposée du diagramme sont favorables.

Non seulement ce diagramme souligne de façon plus parlante les résultats déjà exprimés dans les tableaux antérieurs, mais fait en outre ressortir quelle doit être l'orientation future des recherches expérimentales tendant à préciser les équilibres les plus favorables.

Il est certain que l'on devra éliminer à priori les dominances de potasse, surtout lorsque ces dominances de potasse sont accompagnées de la dominance de phosphate ou de sulfate. Il est aussi clair que d'une façon générale les dominances d'azote sont les plus favorables à la condition toutefois que l'élément métallique dominant soit le calcium ou le magnésium, et que dans ce dernier cas encore, la dominance de phosphate est également avantageuse.

En conséquence, les recherches ultérieures seront orientées sur une base logique et d'autre part nous savons déjà que dans un terrain, particulièrement riche en magnésium, la dominance de l'azote ou la dominance des phosphates peut être indifférente à la vie de la plante.

Un point important doit encore être considéré dans l'étude des rendements pondéraux :

Dans la plupart des expériences classiques on s'attache à mettre en évidence le rôle d'un élément isolé et c'est ainsi qu'il est de pratique courante d'exprimer qu'une plante est exigeante en azote ou exigeante en phosphore, expression qui correspond au fait que les meilleurs rendements sont obtenus lorsque cet élément domine.

A partir de nos expériences nous pouvons mettre en évidence l'effet des éléments isolés sur cette base conventionnelle. Il nous suffira dans chacune des séries de mesures envisagées de faire la moyenne, d'une part entre toutes les plantes qui possèdent la même proportion d'un élément, par exemple l'azote, et d'autre part de toutes les plantes où ce même élément se trouve à l'autre proportion choisie, la première étant dominante, la seconde ne l'étant pas. La différence entre les deux moyennes montrera donc l'effet de l'azote dans le cas où il est en proportion dominante dans la formule.

Ce sont ces valeurs qui sont exprimées par le tableau 37 (page 79).

FIG. 4

SÉRIE 1 - T + F frais - Effet moyen.

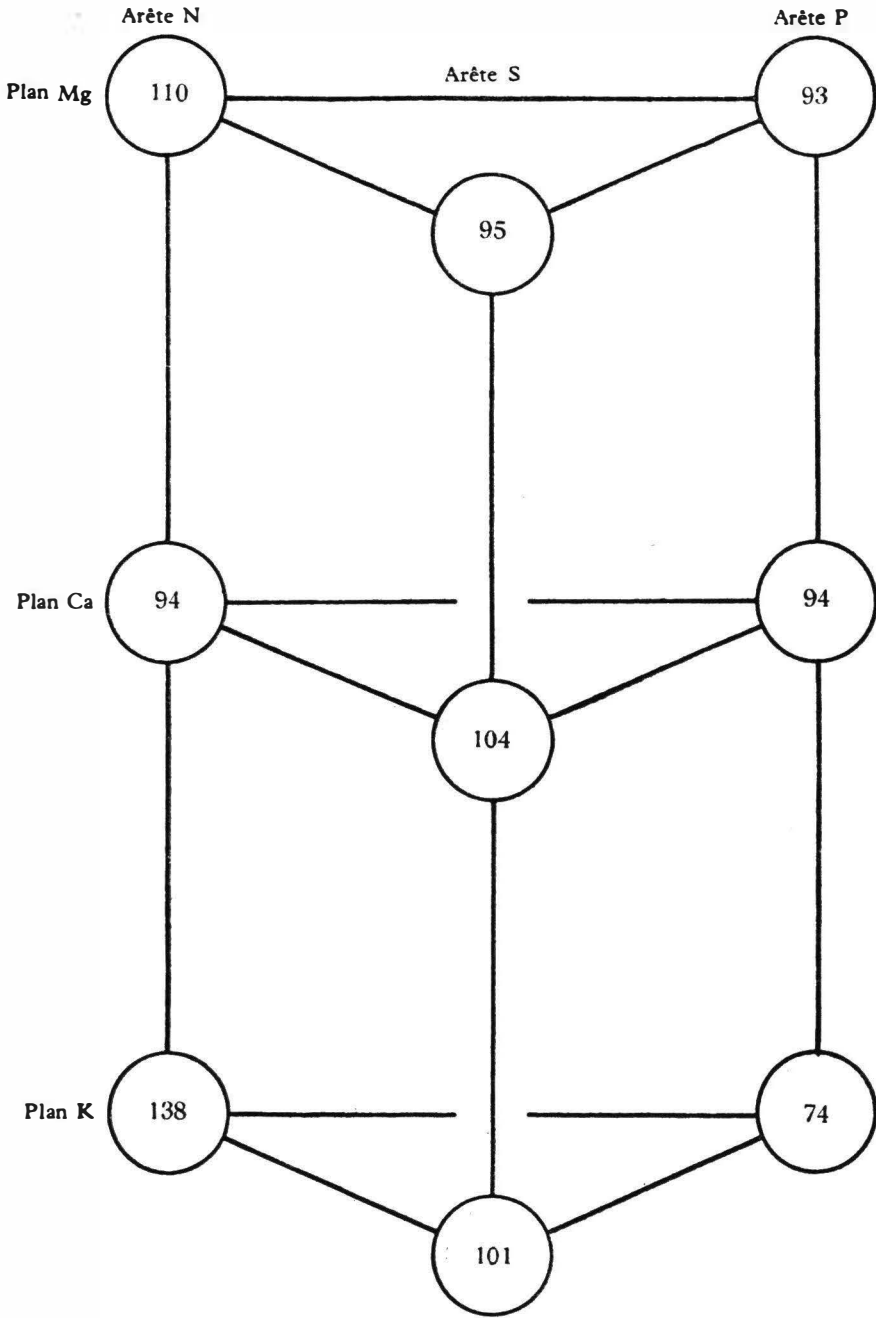


FIG. 5

SÉRIE 2 - T + F frais - Effet moyen.

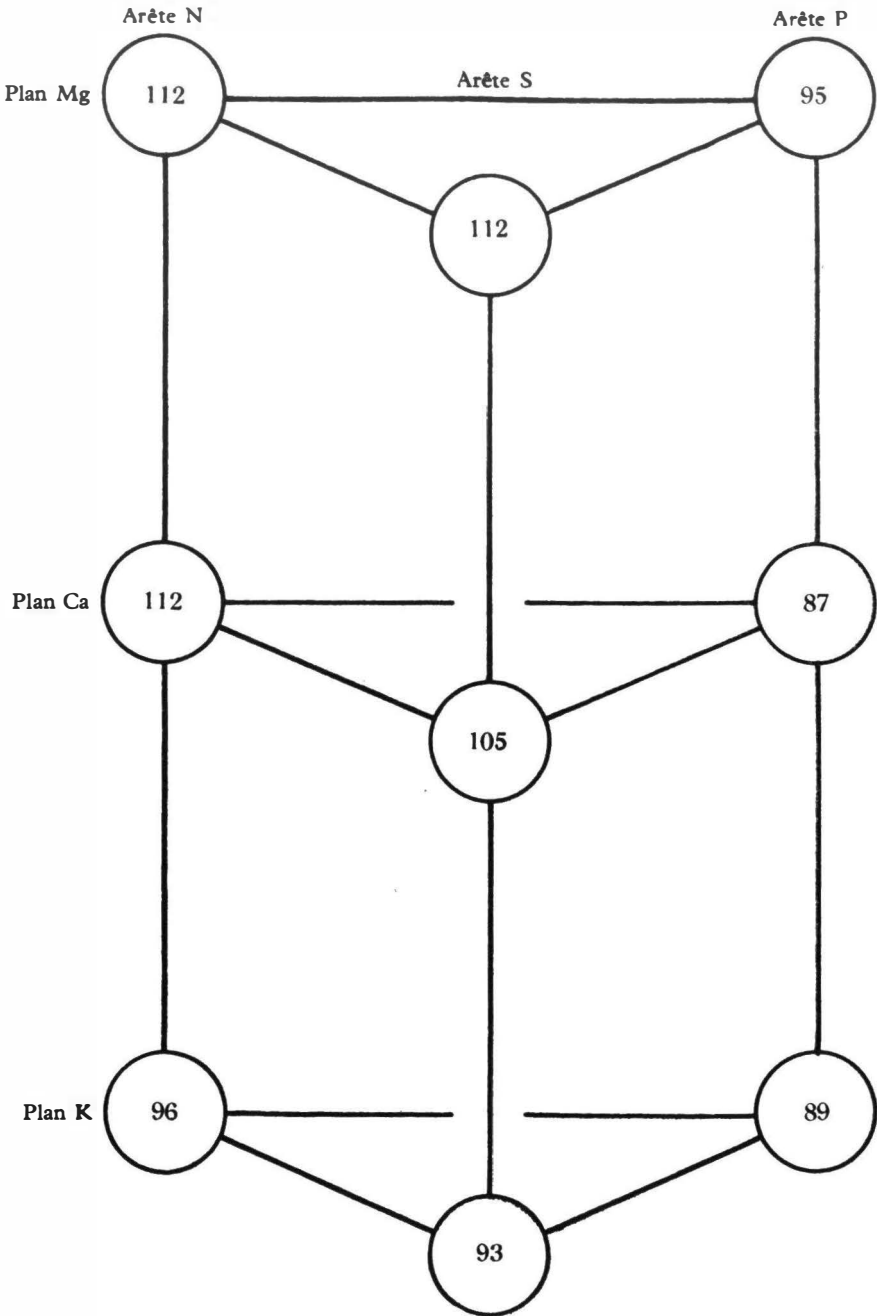


FIG. 6

SÉRIE 3 - T + F frais - Effet moyen.

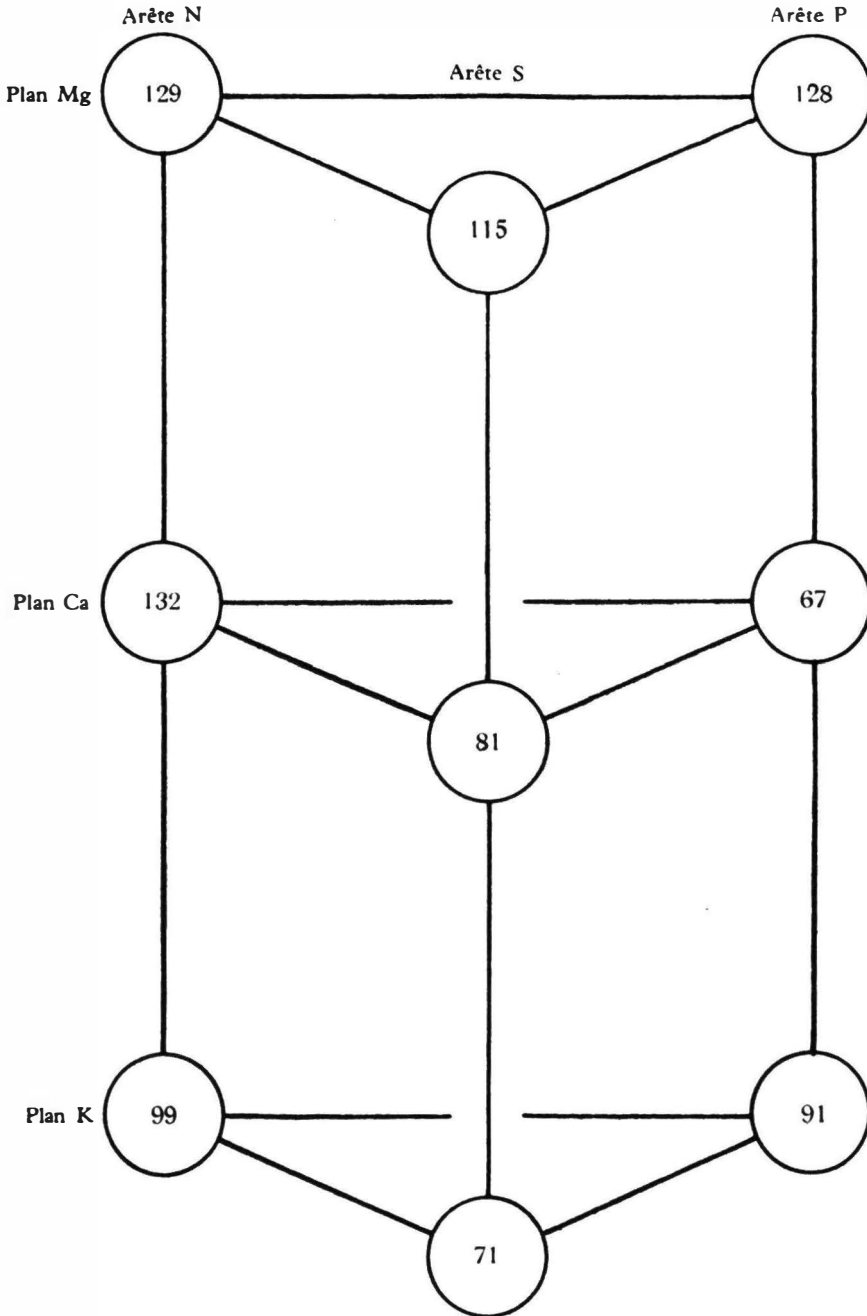


FIG. 7

SÉRIE 4 - T + F frais - Effet moyen.

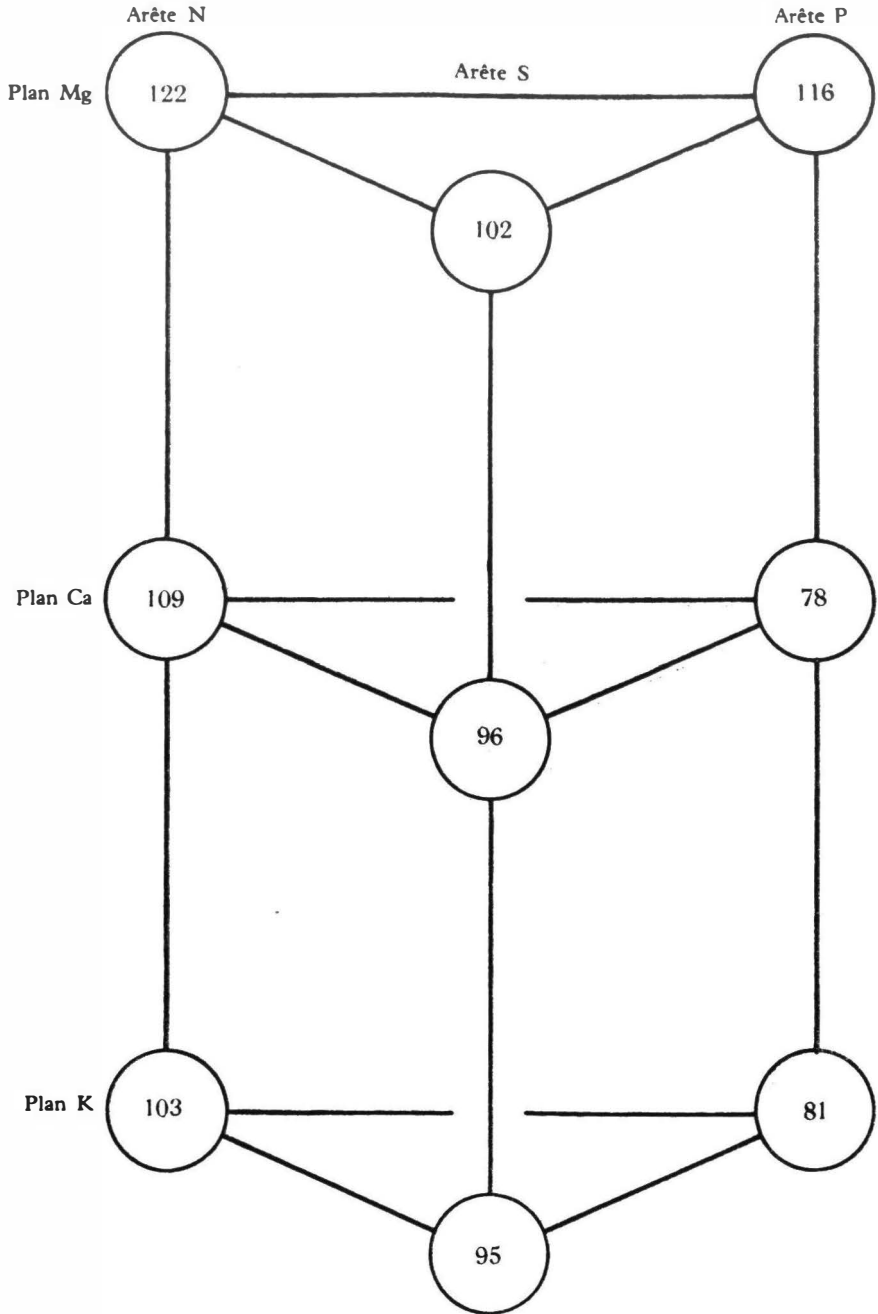


FIG. 8

SÉRIE 1 - R frais - Effet moyen.

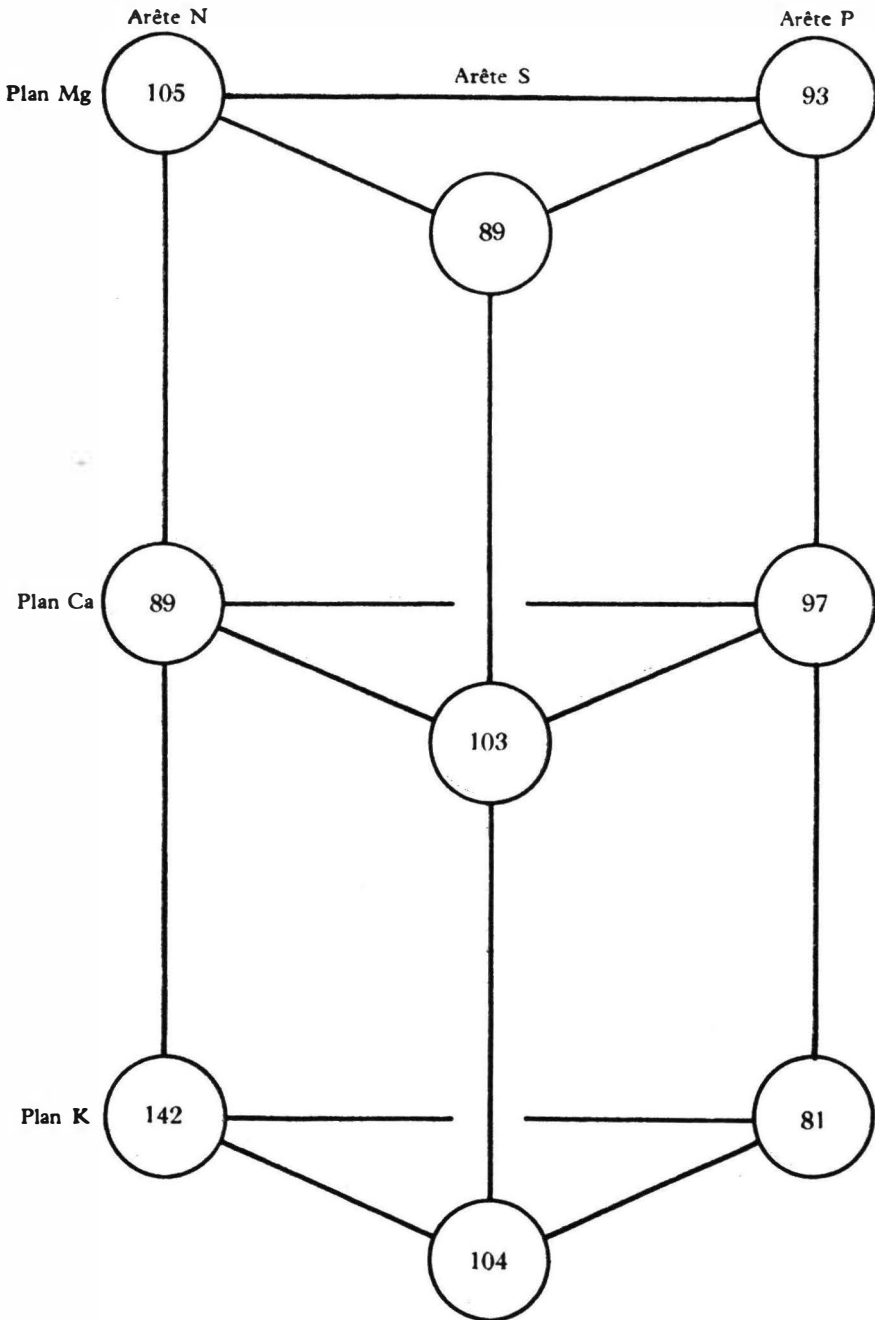
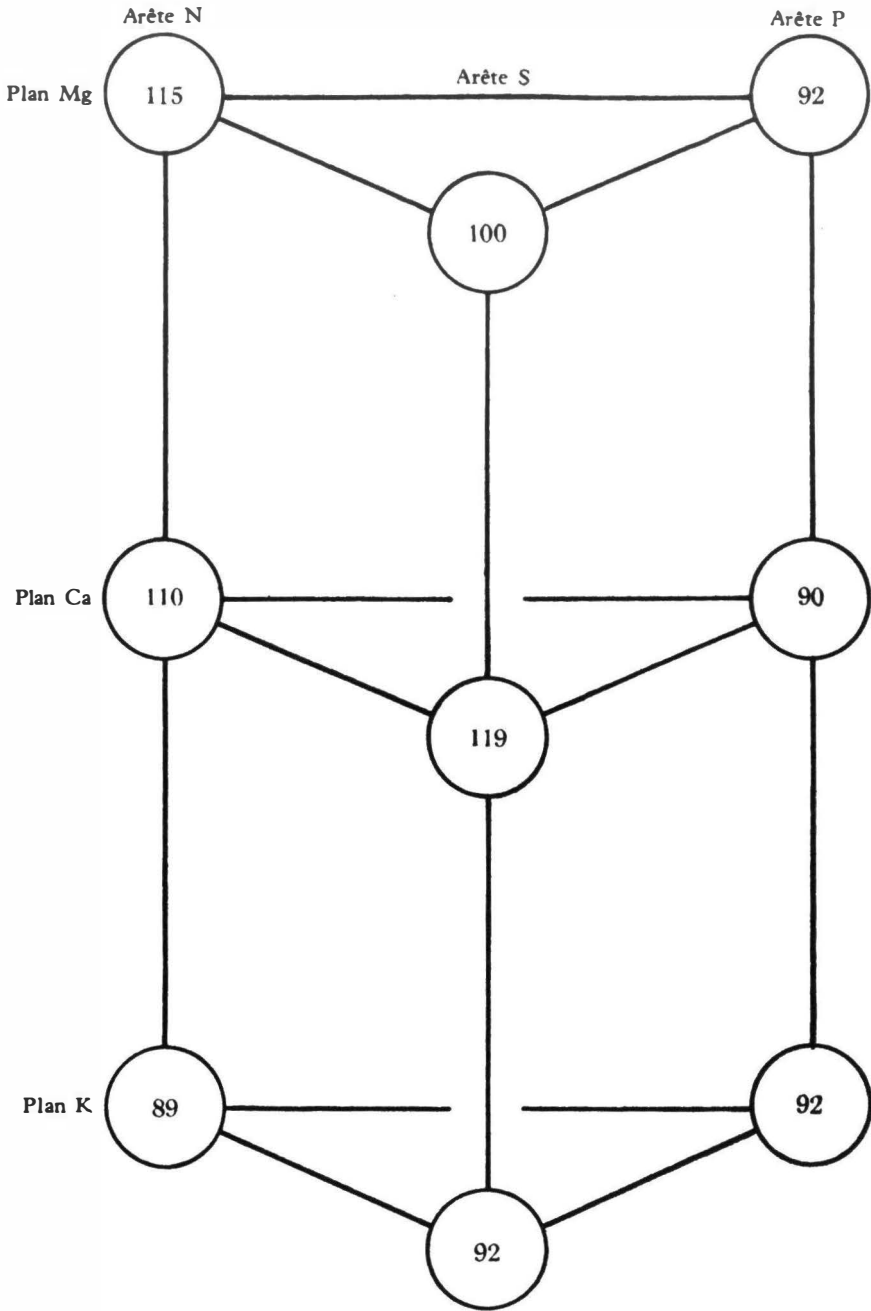


FIG. 9

SÉRIE 2 - R frais - Effet moyen.



RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

**Tableau 37**

*Effet sur le poids frais, en % de la moyenne de l'existence d'un ion à une concentration dominante.*

| SÉRIES | PARTIES | IONS DOMINANTS  |                 |                 |         |     |     |
|--------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----|-----|
|        |         | Anions          |                 |                 | Cations |     |     |
|        |         | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> | K       | Ca  | Mg  |
| 1      | T+F     | +20             | 0               | -20             | +6      | -5  | -1  |
|        | R       | +17             | -2              | -15             | +13     | -6  | -7  |
|        | T+F+R   | +19             | -2              | -17             | +8      | -5  | -3  |
| 2      | T+F     | +10             | +4              | -15             | -11     | +2  | +9  |
|        | R       | +7              | +6              | -13             | -13     | +9  | +3  |
|        | T+F+R   | +9              | +6              | -14             | -12     | +6  | +6  |
| 3      | T+F     | +28             | -19             | -9              | -22     | -12 | +34 |
| 4      | T+F     | +16             | -4              | -12             | -11     | -9  | +20 |

L'examen de ce dernier tableau montre dans tous les cas un effet positif, c'est-à-dire une augmentation de rendement lorsque l'azote domine, et un effet négatif, c'est-à-dire une diminution de rendement lorsque le phosphore domine.

L'effet du soufre est moins apparent, il est tantôt d'ordre positif, tantôt d'ordre négatif et jamais de grande valeur.

On saisit tout de suite l'importance de la comparaison de ce tableau avec ceux qui se rapportent aux équilibres complets.

La lecture du tableau 37 est beaucoup plus simple et elle se traduit par la conclusion que l'azote est l'élément le plus utile au palmier dans les stades de végétation que nous avons étudiés, et que sa présence en dominance sur les autres anions produit toujours une augmentation de rendement.



Par contre, la présence de phosphore en excès, c'est-à-dire en dominance par rapport aux autres anions, apparaît comme défavorable.

Or, cette conclusion serait erronée puisque nous avons vu que la combinaison 9 est dans plusieurs cas l'une des plus favorables et cette combinaison 9 est cependant caractérisée par une dominance de l'ion phosphate.

Comment cet effet peut-il être masqué dans le tableau n° 37 et par conséquent dans l'analyse la plus classique de telles expériences? Cela est dû au fait que parmi les plantes qui ne reçoivent pas en dominance l'ion phosphate, un certain nombre ont l'ion potassium en dominance, d'autres l'ion calcium, un troisième lot enfin l'ion magnésium.

Dans la moyenne l'effet relatif de ces trois ions s'annule, certains étant de sens inverse, et il en résulte, que l'effet favorable que l'ion magnésium exerce lorsque l'ion phosphore domine, disparaît entièrement de l'analyse.

La simplification à l'excès de l'interprétation de l'expérience peut donc être fort dangereuse et, en particulier dans le cas qui nous intéresse conduire à attribuer à un élément en particulier un rôle qu'il n'a pas en réalité, son rôle étant dans tous les cas limité par la présence et les proportions des autres corps existant dans le milieu nutritif.

Nous avons donc ici la confirmation du fait qu'il est nécessaire de considérer des équilibres complets et non pas seulement l'action des éléments isolés.

En ce qui concerne les cations un phénomène plus particulier ressort de l'examen du tableau n° 37.

C'est qu'en effet la présence du potassium se traduit dans la première série par une augmentation de rendement, et dans toutes les autres par une diminution.

Nous avons déjà constaté l'anomalie de la première série par rapport aux autres en ce que, dans cette série, c'est la formule n° 1 qui est la plus favorable alors que nulle part ailleurs elle ne présente ce caractère.

La formule 1 est précisément caractérisée par une dominance de potassium et il est donc naturel que dans l'analyse de l'effet des corps isolés nous trouvions une augmentation de rendement en présence d'une dominance de potassium dans la série 1 et non dans les autres.

Encore une fois si cette différence de comportement de la formule n° 1 au cours de la première phase de la vie du palmier n'est pas attribuable à un accident, nous pouvons donc en conclure qu'à ce moment-là la plante tire bénéfice d'un supplément de potasse, qui, dans la suite, devient superflu.

Un tel phénomène n'est pas impossible, mais il serait dangereux de conclure d'une manière définitive à l'occasion de ces expériences-ci.

Le magnésium se présente, en raison même du comportement du potassium, de façon exactement inverse; il exerce un effet défavorable,

mais de très faible ampleur dans la première série et par la suite exerce toujours un effet favorable et qui prend même une valeur assez grande dans la série 3 et la série 4.

Ce rôle du magnésium accompagné du rôle de la potasse et du calcium est l'expression du fait que dans l'ensemble de l'équilibre des ions positifs il y a intérêt à donner au magnésium une valeur assez importante tant du point de vue général de la vie de la plante, que du point de vue plus particulier de l'utilisation des phosphates dont nous avons parlé dans le paragraphe précédent.

## § 7. Le rendement en poids sec.

L'étude du rendement en poids sec est faite évidemment sur un plan identique à celui qui a été utilisé pour l'étude du poids frais.

Il est donc superflu que nous recommencions ici le détail des commentaires, en particulier de ceux qui se rapportent aux précautions prises lors des pesées.

Les mêmes méthodes d'analyse ont été utilisées pour le poids sec et pour le poids frais et nous donnons directement les résultats de l'expérience sous la forme du tableau n° 38, qui correspond à celui de la p. 52 pour le poids frais.

On remarquera que les éléments qui y figurent ne sont pas exactement les mêmes. En effet dans la série 3, en fait de poids sec nous avons déterminé celui des racines, des tiges et des feuilles, ce qui nous donne également le poids sec du total avec son erreur telle qu'elle est indiquée dans la troisième partie de ce tableau.

Pour la quatrième série au contraire, nous n'avons que le poids sec des racines.

Dans cette série en effet les plantes avaient pris un développement trop grand pour qu'il eût été possible de les dessécher toutes dans les conditions de travail où nous nous trouvions. Pour cette raison, seules les racines ont été séchées dans leur entièreté et, en ce qui concerne la partie aérienne des plantes, des échantillons ont été pris en vue de la détermination de l'hydratation, laquelle est étudiée dans le § 8.

A partir des données de ce tableau et toujours suivant les mêmes principes admis pour l'étude du poids frais, nous étudions en premier lieu les comparaisons par couples de traitements.

### 1. Comparaisons par couples de traitements.

Dans cette étude nous déterminerons en premier lieu les probabilités de signification et puis la valeur même des différences, celles-ci étant exprimées en % comme dans les tableaux homologues relatifs à l'étude du poids frais.

**Tableau 38**

*Poids sec (moyenne par plante).*

| SÉRIES | PARTIES   | TRAITEMENTS   |               |               |               |               |               |               |               |               | MOYENNES |
|--------|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------|
|        |           | 1             | 2             | 3             | 4             | 5             | 6             | 7             | 8             | 9             |          |
| 1      | T + F     | 4,32<br>±0,62 | 3,22<br>±0,52 | 3,73<br>±0,79 | 3,46<br>±0,46 | 3,58<br>±0,45 | 3,32<br>±0,35 | 2,73<br>±0,32 | 3,33<br>±0,53 | 3,27<br>±0,48 |          |
|        | R         | 2,93<br>±0,48 | 2,08<br>±0,35 | 2,44<br>±0,44 | 2,29<br>±0,37 | 2,42<br>±0,48 | 2,02<br>±0,25 | 1,96<br>±0,20 | 2,18<br>±0,36 | 2,07<br>±0,46 |          |
|        | T + F + R | 7,26<br>±1,08 | 5,31<br>±0,83 | 6,16<br>±1,20 | 5,75<br>±0,81 | 6,01<br>±0,92 | 5,35<br>±0,57 | 4,69<br>±0,49 | 5,52<br>±0,88 | 5,34<br>±0,93 |          |
| 2      | T + F     | 8,72<br>±1,13 | 9,08<br>±1,05 | 9,02<br>±0,43 | 7,72<br>±0,48 | 8,05<br>±0,44 | 8,93<br>±0,95 | 7,52<br>±0,76 | 7,34<br>±0,81 | 8,13<br>±0,93 |          |
|        | R         | 5,47<br>±0,85 | 5,93<br>±0,70 | 5,46<br>±0,35 | 4,86<br>±0,42 | 5,80<br>±0,53 | 5,40<br>±0,57 | 4,81<br>±0,59 | 4,64<br>±0,57 | 4,73<br>±0,63 |          |
|        | T + F + R | 14,2<br>±1,9  | 15,1<br>±1,6  | 14,6<br>±0,7  | 12,7<br>±0,9  | 13,9<br>±0,9  | 14,3<br>±1,5  | 12,4<br>±1,3  | 12,0<br>±1,4  | 13,0<br>±1,5  |          |

**Tableau 38 (suite)**

*Poids sec (moyenne par plante).*

| SÉRIES | PARTIES   | TRAITEMENTS |            |            |            |            |            |            |            |            | MOYENNES |
|--------|-----------|-------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
|        |           | 1           | 2          | 3          | 4          | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          |          |
| 3      | T + F     | 106<br>±16  | 139<br>±19 | 136<br>±20 | 77<br>±22  | 90<br>±16  | 124<br>±13 | 96<br>±16  | 78<br>±17  | 141<br>±9  |          |
|        | R         | 35<br>±5    | 43<br>±6   | 47<br>±8   | 25<br>±9   | 30<br>±6   | 47<br>±5   | 26<br>±4   | 29<br>±8   | 47<br>±5   |          |
|        | T + F + R | 140<br>±21  | 182<br>±24 | 183<br>±28 | 100<br>±30 | 120<br>±22 | 171<br>±18 | 122<br>±19 | 109<br>±25 | 188<br>±13 |          |
| 4      | R         |             | 211<br>±22 | 228<br>±37 | 144<br>±25 | 212<br>±38 | 212<br>±20 | 131<br>±24 | 192<br>±31 | 244<br>±53 |          |
|        |           |             |            |            |            |            |            |            |            |            |          |

**Tableau 39**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 1. — T+F — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|----|---|
| 9 | 83 |    |    |    |    |    | 58 |   |
| 8 | 78 |    |    |    |    |    | 68 |   |
| 7 | 98 | 58 | 77 | 81 | 88 | 80 |    |   |
| 6 | 84 |    |    |    |    |    |    |   |
| 5 | 67 |    |    |    |    |    |    |   |
| 4 | 75 |    |    |    |    |    |    |   |
| 3 |    |    |    |    |    |    |    |   |
| 2 | 83 |    |    |    |    |    |    |   |

**Tableau 40**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 1. — R — Poids sec.

|   | 1  | 2 | 3  | 4  | 5  | 6 | 7 | 8 |
|---|----|---|----|----|----|---|---|---|
| 9 | 81 |   |    |    |    |   |   |   |
| 8 | 80 |   |    |    |    |   |   |   |
| 7 | 94 |   | 69 | 56 | 62 |   |   |   |
| 6 | 91 |   | 60 |    | 55 |   |   |   |
| 5 | 55 |   |    |    |    |   |   |   |
| 4 | 72 |   |    |    |    |   |   |   |
| 3 | 57 |   |    |    |    |   |   |   |
| 2 | 85 |   |    |    |    |   |   |   |

**Tableau 41**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 1. — T+F+R — Poids sec.

|   | 1  | 2 | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8 |
|---|----|---|----|----|----|----|----|---|
| 9 | 83 |   |    |    |    |    |    |   |
| 8 | 79 |   |    |    |    |    | 60 |   |
| 7 | 97 |   | 75 | 75 | 80 | 62 |    |   |
| 6 | 88 |   |    |    |    |    |    |   |
| 5 | 62 |   |    |    |    |    |    |   |
| 4 | 75 |   |    |    |    |    |    |   |
| 3 | 51 |   |    |    |    |    |    |   |
| 2 | 84 |   |    |    |    |    |    |   |

**Tableau 42**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 2. — T+F — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 9 |    | 51 | 62 |    |    |    |   |   |
| 8 | 68 | 81 | 93 |    | 56 | 80 |   |   |
| 7 | 62 | 78 | 91 |    |    | 76 |   |   |
| 6 |    |    |    | 76 | 61 |    |   |   |
| 5 |    | 63 | 88 |    |    |    |   |   |
| 4 | 59 | 77 | 96 |    |    |    |   |   |
| 3 |    |    |    |    |    |    |   |   |
| 2 |    |    |    |    |    |    |   |   |

**Tableau 43**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 2 — R — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 9 | 52 | 81 | 70 |    | 81 | 58 |   |   |
| 8 | 59 | 84 | 79 |    | 87 | 66 |   |   |
| 7 |    | 78 | 65 |    | 80 | 53 |   |   |
| 6 |    |    |    | 56 |    |    |   |   |
| 5 |    |    |    | 84 |    |    |   |   |
| 4 |    | 81 | 73 |    |    |    |   |   |
| 3 |    |    |    |    |    |    |   |   |
| 2 |    |    |    |    |    |    |   |   |

**Tableau 44**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 2. — T+F+R — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7 | 8 |
|---|----|----|----|----|----|----|---|---|
| 9 |    | 66 | 65 |    |    |    |   |   |
| 8 | 64 | 87 | 90 |    | 75 | 74 |   |   |
| 7 | 57 | 81 | 86 |    | 65 | 66 |   |   |
| 6 |    |    |    | 65 |    |    |   |   |
| 5 |    | 50 |    | 64 |    |    |   |   |
| 4 | 53 | 82 |    |    |    |    |   |   |
| 3 |    |    |    |    |    |    |   |   |
| 2 |    |    |    |    |    |    |   |   |

**Tableau 45**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 3. — T+F — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 94 |    |    | 99 | 99 | 72 | 99 | 99 |
| 8 | 78 | 98 | 97 |    |    | 97 | 56 |    |
| 7 |    | 92 | 88 | 52 |    | 83 |    |    |
| 6 | 62 |    |    | 94 | 90 |    |    |    |
| 5 | 53 | 95 | 93 |    |    |    |    |    |
| 4 | 72 | 96 | 95 |    |    |    |    |    |
| 3 | 77 |    |    |    |    |    |    |    |
| 2 | 82 |    |    |    |    |    |    |    |

**Tableau 46**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 3. — R — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 91 |    |    | 97 | 97 |    | 99 | 94 |
| 8 |    | 84 | 89 |    |    | 94 |    |    |
| 7 | 84 | 98 | 98 |    |    | 99 |    |    |
| 6 | 91 |    |    | 97 | 97 |    |    |    |
| 5 |    | 88 | 91 |    |    |    |    |    |
| 4 | 66 | 90 | 94 |    |    |    |    |    |
| 3 | 81 |    |    |    |    |    |    |    |
| 2 | 71 |    |    |    |    |    |    |    |



**Tableau 47**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 3. — T+F+R — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 94 |    |    | 99 | 99 | 56 | 99 | 99 |
| 8 | 65 | 96 | 95 |    |    | 96 |    |    |
| 7 |    | 95 | 93 |    |    | 94 |    |    |
| 6 | 74 |    |    | 96 | 93 |    |    |    |
| 5 | 50 | 94 | 92 |    |    |    |    |    |
| 4 | 73 | 97 | 96 |    |    |    |    |    |
| 3 | 79 |    |    |    |    |    |    |    |
| 2 | 81 |    |    |    |    |    |    |    |

**Tableau 48**

*Probabilités de signification des différences de rendement  
par couples de traitements.*

SÉRIE 4. — R — Poids sec.

|   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 9 | 72 |    |    | 92 |    |    | 95 | 61 |
| 8 |    |    | 55 | 79 |    |    | 88 |    |
| 7 | 83 | 98 | 97 |    | 93 | 99 |    |    |
| 6 | 63 |    |    | 96 |    |    |    |    |
| 5 |    |    |    | 87 |    |    |    |    |
| 4 | 69 | 96 | 94 |    |    |    |    |    |
| 3 | 70 |    |    |    |    |    |    |    |
| 2 | 60 |    |    |    |    |    |    |    |

**Tableau 49***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 1. — T+F**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | -34 |     | -22 | -21 | -30 | -58 | -30 | -32 |
| 2 | +34 |     |     |     |     |     | -18 |     |     |
| 3 |     |     |     |     |     |     | -37 |     |     |
| 4 | +22 |     |     |     |     |     | -27 |     |     |
| 5 | +21 |     |     |     |     |     | -31 |     |     |
| 6 | +30 |     |     |     |     |     | -22 |     |     |
| 7 | +58 | +18 | +37 | +27 | +31 | +22 |     | +22 | +17 |
| 8 | +30 |     |     |     |     |     | -22 |     |     |
| 9 | +32 |     |     |     |     |     | -17 |     |     |

**Tableau 50***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 1. — R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | -41 | -20 | -28 | -21 | -45 | -50 | -34 | -41 |
| 2 | +41 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3 | +20 |     |     |     |     | -21 | -24 |     |     |
| 4 | +28 |     |     |     |     |     | -17 |     |     |
| 5 | +21 |     |     |     |     | -20 | -23 |     |     |
| 6 | +45 |     | +21 |     | +20 |     |     |     |     |
| 7 | +50 |     | +24 | +17 | +23 |     |     |     |     |
| 8 | +34 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 9 | +41 |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Tableau 51***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 1. — T+F+R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 5   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | -37 | -18 | -26 | -21 | -36 | -55 | -32 | -36 |
| 2 | +37 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3 | +18 |     |     |     |     |     | -31 |     |     |
| 4 | +26 |     |     |     |     |     | -23 |     |     |
| 5 | +21 |     |     |     |     |     | -28 |     |     |
| 6 | +36 |     |     |     |     |     | -14 |     |     |
| 7 | +55 |     | +31 | +23 | +28 | +14 |     | +18 |     |
| 8 | +32 |     |     |     |     |     | -18 |     |     |
| 9 | +36 |     |     |     |     |     |     |     |     |

**Tableau 52***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 2. — T+F**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     |     |     | -13 |     |     | -16 | -19 |     |
| 2 |     |     |     | -18 | -13 |     | -21 | -24 | -12 |
| 3 |     |     |     | -17 | -12 |     | -20 | -23 | -11 |
| 4 | +13 | +18 | +17 |     |     | +16 |     |     |     |
| 5 |     | +13 | +12 |     |     | +11 |     | -10 |     |
| 6 |     |     |     | -16 | -11 |     | -19 | -22 |     |
| 7 | +16 | +21 | +20 |     |     | +19 |     |     |     |
| 8 | +19 | +24 | +23 |     | +10 | +22 |     |     |     |
| 9 |     | +12 | +11 |     |     |     |     |     |     |

**Tableau 53***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 2. — R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     |     |     |     |     |     |     | -18 | -16 |
| 2 |     |     |     | -22 |     |     | -23 | -28 | -25 |
| 3 |     |     |     | -12 |     |     | -14 | -18 | -15 |
| 4 |     | +22 | +12 |     | +19 | +11 |     |     |     |
| 5 |     |     |     | -19 |     |     | -21 | -25 | -23 |
| 6 |     |     |     | -11 |     |     | -12 | -16 | -14 |
| 7 |     | +23 | +14 |     | +21 | +12 |     |     |     |
| 8 | +18 | +28 | +18 |     | +25 | +16 |     |     |     |
| 9 | +16 | +25 | +15 |     | +23 | +14 |     |     |     |

**Tableau 54***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 2. — T+F+R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     |     |     | -12 |     |     | -15 | -18 |     |
| 2 |     |     |     | -19 | -9  |     | -22 | -26 | -16 |
| 3 |     |     |     |     |     |     | -18 | -22 | -12 |
| 4 | +12 | +19 |     |     | +9  | +13 |     |     |     |
| 5 |     | +9  |     | -9  |     |     | -12 | -16 |     |
| 6 |     |     |     | -13 |     |     | -15 | -19 |     |
| 7 | +15 | +22 | +18 |     | +12 | +15 |     |     |     |
| 8 | +18 | +26 | +22 |     | +16 | +19 |     |     |     |
| 9 |     | +16 | +12 |     |     |     |     |     |     |

**Tableau 55***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 3. — T+F**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +31 | +28 | -38 | -18 | +17 |     | -36 | +33 |
| 2 | -31 |     |     | -81 | -54 |     | -45 | -78 |     |
| 3 | -28 |     |     | -77 | -51 |     | -42 | -74 |     |
| 4 | +38 | +81 | +77 |     |     | +61 | +25 |     | +83 |
| 5 | +18 | +54 | +51 |     |     | +38 |     |     | +57 |
| 6 | -17 |     |     | -61 | -38 |     | -29 | -59 | +14 |
| 7 |     | +45 | +42 | +25 |     | +29 |     | -23 | +47 |
| 8 | +36 | +78 | +74 |     |     | +59 | +23 |     | +81 |
| 9 | -33 |     |     | +83 | -57 | -14 | -47 | -81 |     |

**Tableau 56***Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.***SÉRIE 3. — R**

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +23 | +34 | -40 |     | +34 | -35 |     | +34 |
| 2 | -23 |     |     | -72 | -43 |     | -65 | -48 |     |
| 3 | -34 |     |     | -88 | -56 |     | -81 | -62 |     |
| 4 | +40 | +72 | +88 |     |     | +88 |     |     | +88 |
| 5 |     | +43 | +56 |     |     | +57 |     |     | +57 |
| 6 | -34 |     |     | -88 | -57 |     | -81 | -62 |     |
| 7 | +35 | +65 | +81 |     |     | +81 |     |     | +81 |
| 8 |     | +48 | +62 |     |     | +62 |     |     | +62 |
| 9 | -34 |     |     | -88 | -57 |     | -81 | -62 |     |

**Tableau 57**

*Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec*  
 SERIE 3. — T+F+R

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +30 | +31 | -40 | -17 | +22 |     | -28 | +34 |
| 2 | -30 |     |     | -82 | -52 |     | -49 | -67 |     |
| 3 | -31 |     |     | -83 | -53 |     | -50 | -68 |     |
| 4 | +40 | +82 | +83 |     |     | +71 |     |     | +88 |
| 5 | +17 | +52 | +53 |     |     | +42 |     |     | +57 |
| 6 | -22 |     |     | -71 | -42 |     | -40 | -57 | +10 |
| 7 |     | +49 | +50 |     |     | +40 |     |     | +54 |
| 8 | +28 | +67 | +68 |     |     | +57 |     |     | +73 |
| 9 | -34 |     |     | -88 | -57 | -10 | -54 | -73 |     |

**Tableau 58**

*Différences entre les effets des traitements sur le rendement en poids sec.*  
 SERIE 4. — R

|   | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 |     | +16 | +26 | -26 |     | +17 | -38 |     | +35 |
| 2 | -16 |     |     | -47 |     |     | -61 |     |     |
| 3 | -26 |     |     | -58 |     |     | -74 | -19 |     |
| 4 | +26 | +47 | +58 |     | +47 | +47 |     | +33 | +70 |
| 5 |     |     |     | -47 |     |     | -62 |     |     |
| 6 | -17 |     |     | -47 |     |     | -62 |     |     |
| 7 | +38 | +61 | +74 |     | +62 | +62 |     | +47 | +86 |
| 8 |     |     | +19 | -33 |     |     | -47 |     | +27 |
| 9 | -35 |     |     | -70 |     |     | -86 | -27 |     |

L'examen des tableaux 39 à 48 relatifs à la probabilité montre un très grand parallélisme avec ce qui a été vu pour le poids frais. A de très rares exceptions près ce sont les mêmes cases qui sont occupées par les probabilités supérieures à 50 % dans ces nouveaux tableaux.

Nous voyons pourtant quelques renseignements complémentaires en ce qui concerne le poids sec dans les séries 3 et 4, là où les poids frais n'avaient pas pu être déterminés pour les mêmes parties de plante (racines ou parties aériennes).

Nous constatons là un très grand parallélisme entre le poids frais et le poids sec lorsque la comparaison est possible et, sinon, un grand parallélisme entre la partie aérienne et les racines.

Ceci étend donc la valeur des considérations émises dans l'étude détaillée de ces tableaux à propos du poids frais.

L'analyse des tableaux 49 à 58 (rendement en poids sec) se résume par les comparaisons renseignées au tableau 59 et qui marquent les différences les plus fortes.

En résumé, l'étude du poids sec confirme que, dans la première série, deux solutions se distinguent : une bonne (1) et une mauvaise (7). Dans la suite, la première cesse de montrer une valeur supérieure à la moyenne, la seconde reste une mauvaise solution.

A partir de la seconde série, la solution 3 et la solution 2 s'affirment comme étant favorables. L'avantage de la formule 3 s'accroît, et les solutions 6 et 9 apparaissent aussi parmi les bonnes. Dans la 3<sup>e</sup> série, les solutions se répartissent en deux groupes : les bonnes (2-3-6-9) et les mauvaises (4-5-7-8). La formule 1 reste assez indifférente.

A la fin de l'expérience (série 4), les solutions 2 et 3 s'affirment les meilleures (surtout 3). Les solutions 6 et 9 restent bonnes. Les formules 4, et surtout 7 et 8, sont nettement mauvaises.

## **2. Comparaison de chaque traitement à la moyenne des plantes non traitées.**

Elle est faite sur le plan qui a été suivi dans l'étude du poids frais.

Les résultats en sont exposés dans les tableaux n<sup>os</sup> 60 et 61.

Le premier de ces deux tableaux exprime les probabilités de signification pour chacune des comparaisons en question et le second exprime le rendement obtenu par chacun des traitements en pourcentage de la moyenne obtenue par l'ensemble des plantes non traitées.

## CONCLUSIONS.

Le tableau 60 fait clairement apparaître que, dans la première série, les probabilités élevées se trouvent uniquement dans la colonne 1, et d'une manière moins marquée, dans la colonne 7.

**Tableau 59**

| COUPLES DE TRAITEMENTS<br>COMPARÉS |     |       | DIFFÉRENCES | PROBABILITÉS<br>D'ERREUR |
|------------------------------------|-----|-------|-------------|--------------------------|
| SÉRIE 1.                           | 1-7 | T+F   | 58 ± 25     | 0,02                     |
|                                    |     | R     | 50 ± 27     | 0,06                     |
|                                    |     | T+F+R | 55 ± 25     | 0,03                     |
| SÉRIE 2.                           | 3-4 | T+F   | 17 ± 9      | 0,04                     |
|                                    | 3-7 | T+F   | 20 ± 12     | 0,09                     |
|                                    | 3-8 | T+F   | 23 ± 13     | 0,07                     |
|                                    |     | T+F+R | 22 ± 14     | 0,10                     |
| SÉRIE 3.                           | 1-9 | T+F   | 33 ± 17     | 0,06                     |
|                                    |     | R     | 34 ± 20     | 0,09                     |
|                                    |     | T+F+R | 34 ± 18     | 0,06                     |
|                                    | 2-4 | T+F   | 81 ± 37     | 0,04                     |
|                                    |     | R     | 72 ± 43     | 0,10                     |
|                                    |     | T+F+R | 82 ± 38     | 0,03                     |
|                                    | 2-5 | T+F   | 54 ± 27     | 0,05                     |
|                                    |     | R     | 43 ± 28     | 0,12                     |
|                                    |     | T+F+R | 52 ± 28     | 0,06                     |
|                                    | 2-7 | T+F   | 47 ± 27     | 0,08                     |
|                                    |     | R     | 65 ± 27     | 0,02                     |
|                                    |     | T+F+R | 49 ± 26     | 0,05                     |
|                                    | 2-8 | T+F   | 78 ± 32     | 0,02                     |
|                                    |     | T+F+R | 67 ± 32     | 0,04                     |



| COUPLES DE TRAITEMENTS<br>COMPARÉS |     |         | DIFFÉRENCES | PROBABILITÉS<br>D'ERREUR |
|------------------------------------|-----|---------|-------------|--------------------------|
| SÉRIE 3.<br>(suite)                | 3-4 | T+F     | 77 ± 39     | 0,05                     |
|                                    |     | R       | 88 ± 48     | 0,06                     |
|                                    |     | T+F+R   | 83 ± 41     | 0,04                     |
|                                    | 3-5 | T+F     | 51 ± 29     | 0,07                     |
|                                    |     | R       | 56 ± 33     | 0,09                     |
|                                    |     | T+F+R   | 53 ± 30     | 0,08                     |
|                                    | 3-7 | T+F     | 42 ± 27     | 0,12                     |
|                                    |     | R       | 81 ± 34     | 0,02                     |
|                                    |     | T+F+R   | 50 ± 28     | 0,07                     |
|                                    | 3-8 | T+F     | 74 ± 38     | 0,03                     |
|                                    |     | R       | 62 ± 39     | 0,11                     |
|                                    |     | T+F+R   | 68 ± 35     | 0,05                     |
|                                    | 4-6 | T+F     | 61 ± 33     | 0,06                     |
|                                    |     | R       | 88 ± 41     | 0,03                     |
|                                    |     | T+F+R   | 71 ± 35     | 0,04                     |
|                                    | 4-9 | T+F     | 83 ± 31     | 0,01                     |
|                                    |     | R       | 88 ± 41     | 0,03                     |
|                                    |     | T+F+R   | 88 ± 33     | 0,01                     |
|                                    | 5-6 | T+F     | 38 ± 23     | 0,10                     |
|                                    |     | R       | 57 ± 26     | 0,03                     |
|                                    |     | T+F+R   | 42 ± 23     | 0,07                     |
| 5-9                                | T+F | 57 ± 21 | 0,01        |                          |
|                                    | R   | 57 ± 26 | 0,03        |                          |

| COUPLES DE TRAITEMENTS COMPARÉS |          |       | DIFFÉRENCES | PROBABILITÉS D'ERREUR |      |
|---------------------------------|----------|-------|-------------|-----------------------|------|
| SÉRIE 3.<br><i>(suite)</i>      | 5-9      | T+F+R | 57 ± 22     | 0,01                  |      |
|                                 | 6-7      | T+F   | 29 ± 21     | 0,17                  |      |
|                                 |          | R     | 81 ± 25     | 0,01                  |      |
|                                 |          | T+F+R | 40 ± 21     | 0,06                  |      |
|                                 | 6-8      | T+F   | 59 ± 27     | 0,03                  |      |
|                                 |          | R     | 62 ± 33     | 0,06                  |      |
|                                 |          | T+F+R | 57 ± 29     | 0,04                  |      |
|                                 | 7-9      | T+F   | 47 ± 19     | 0,01                  |      |
|                                 |          | R     | 81 ± 25     | 0,01                  |      |
|                                 |          | T+F+R | 54 ± 19     | 0,01                  |      |
|                                 | 8-9      | T+F   | 81 ± 25     | 0,01                  |      |
|                                 |          | R     | 62 ± 33     | 0,06                  |      |
|                                 |          | T+F+R | 73 ± 26     | 0,01                  |      |
|                                 | SÉRIE 4. | 2-4   | R           | 47 ± 23               | 0,04 |
|                                 |          | 2-7   | R           | 61 ± 25               | 0,02 |
| 3-4                             |          | R     | 58 ± 30     | 0,06                  |      |
| 3-7                             |          | R     | 74 ± 34     | 0,03                  |      |
| 4-6                             |          | R     | 47 ± 22     | 0,04                  |      |
| 4-9                             |          | R     | 70 ± 40     | 0,08                  |      |
| 5-7                             |          | R     | 62 ± 35     | 0,07                  |      |
| 6-7                             |          | R     | 62 ± 24     | 0,01                  |      |
| 7-9                             |          | R     | 86 ± 44     | 0,05                  |      |

**Tableau 60**

*Probabilités relatives à l'effet de chaque traitement comparé à la moyenne des plantes non traitées.*

| SÉRIES | PARTIES | TRAITEMENTS |    |    |    |    |    |    |    |    |
|--------|---------|-------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|        |         | 1           | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  |
| 1      | T+F     | 94          | 37 | 44 | 3  | 25 | 22 | 89 | 18 | 29 |
|        | R       | 93          | 41 | 38 | 6  | 32 | 53 | 63 | 20 | 41 |
|        | T+F+R   | 95          | 40 | 42 | 4  | 30 | 37 | 83 | 19 | 36 |
| 2      | T+F     | 44          | 72 | 73 | 59 | 27 | 63 | 73 | 82 | 17 |
|        | R       | 30          | 76 | 30 | 49 | 66 | 23 | 54 | 70 | 61 |
|        | T+F+R   | 32          | 81 | 64 | 60 | 26 | 50 | 73 | 87 | 44 |
| 3      | T+F     | 11          | 89 | 84 | 90 | 70 | 67 | 50 | 90 | 88 |
|        | R       | 10          | 74 | 89 | 88 | 62 | 94 | 90 | 72 | 84 |
|        | T+F+R   | 18          | 88 | 87 | 92 | 71 | 81 | 63 | 88 | 88 |
| 4      | R       | 33          | 39 | 66 | 89 | 39 | 41 | 96 | 6  | 84 |

**Tableau 61**

*Poids sec obtenu dans chaque traitement en % du poids sec moyen des plantes non traitées.*

| SÉRIES | PARTIES | TRAITEMENTS |     |     |     |     |     |    |    |     |
|--------|---------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|-----|
|        |         | 1           | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7  | 8  | 9   |
| 1      | T+F     | 130         | 93  | 110 | 101 | 105 | 96  | 77 | 97 | 95  |
|        | R       | 134         | 91  | 109 | 101 | 108 | 88  | 85 | 96 | 90  |
|        | T+F+R   | 132         | 92  | 109 | 101 | 106 | 93  | 80 | 96 | 93  |
| 2      | T+F     | 106         | 111 | 110 | 92  | 97  | 109 | 90 | 87 | 98  |
|        | R       | 105         | 115 | 105 | 92  | 112 | 104 | 91 | 87 | 89  |
|        | T+F+R   | 105         | 113 | 108 | 93  | 103 | 106 | 91 | 87 | 95  |
| 3      | T+F     | 97          | 132 | 128 | 68  | 82  | 118 | 88 | 69 | 132 |
|        | R       | 97          | 125 | 134 | 68  | 83  | 138 | 70 | 78 | 130 |
|        | T+F+R   | 96          | 129 | 130 | 68  | 82  | 123 | 84 | 73 | 131 |
| 4      | R       | 92          | 109 | 119 | 72  | 110 | 110 | 65 | 98 | 129 |

Par contre, dans les séries qui suivent, les nombres de la colonne 1 vont en décroissant, c'est-à-dire que l'intérêt du traitement 1 par rapport à la moyenne s'atténue et que ce traitement, par conséquent, devient de plus en plus semblable dans ses effets à la moyenne de l'expérience.

Des conclusions inverses peuvent se tirer pour les solutions 2, 3, 4, 5, 6, 8 et 9 où, d'une façon générale, les probabilités vont en croissant au cours de l'expérience, c'est-à-dire que ces traitements voient leur effet s'accroître et se différencier progressivement de la moyenne.

Le traitement 7, dont l'effet se distinguait dès la première série, se maintient pratiquement sans changement jusqu'à la fin de l'expérience.

Le second tableau fait apparaître dans quel sens ces effets se marquent.

L'évolution des chiffres dans la colonne 1 montre clairement que ce premier traitement, traitement supérieur à la moyenne au début de l'expérience, atteint un nombre de moins en moins élevé et qui, pour finir, est extrêmement voisin de 100 %.

Par contre, nous voyons le rendement obtenu dans le traitement 2 s'accroître de manière très nette, dans le 3 également, bien que celui-ci ait déjà présenté dès le début un caractère nettement favorable.

L'effet du traitement 9 va également en s'accroissant, si bien qu'en fin d'expérience, le traitement 9 compte parmi les meilleurs.

Pour le traitement 4, l'effet défavorable va en s'accroissant jusqu'à la fin de l'expérience.

Les traitements 7 et 8, défavorables tout au long de l'expérience, ont donc un effet tout à fait net et qui ne laisse place à aucune interprétation discutable.

En résumé, la comparaison de ce dernier tableau n° 61 avec le tableau n° 35 montre que le comportement du poids sec suit assez bien celui du poids frais.

L'intérêt de cette remarque est augmenté du fait que, dans les dernières séries, ce ne sont pas les mêmes organes qui ont pu être pesés à l'état sec et à l'état frais.

La valeur des différents traitements soumis à expérience se trouve donc confirmée par l'étude du poids frais et du poids sec, ces deux études mettant en évidence la valeur des traitements 2, 3 et 9 comme étant parmi les meilleurs, le 6 comme étant bon, le 1 comme étant moyen, le 4 et le 5 légèrement inférieurs à la moyenne, le 7 et le 8 enfin, nettement inférieurs à cette moyenne.

Nous n'examinons pas ici les différences qui se présentent dans certains cas entre le comportement des parties aériennes et des racines, même lorsque celles-ci sont pesées sous le même état frais ou sec.

Nous pouvons donc exprimer l'évolution des différents traitements, tels qu'ils sont révélés par l'étude du poids sec, par le tableau n° 62, qui

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

classe ces traitements en deux catégories, supérieure et inférieure à la moyenne, et dans l'ordre d'effet décroissant selon ce qui a été fait dans l'étude du poids frais, au tableau n° 36.

**Tableau 62**

*Classement des effets des traitements sur le poids sec.*

| SÉRIES | PARTIES | ORDRE DE RENDEMENT DÉCROISSANT |           |
|--------|---------|--------------------------------|-----------|
| 1      | T+F     | 1-3-5-4                        | 8-6-9-2-7 |
| 2      | T+F     | 2-3-6-1                        | 9-5-4-7-8 |
| 3      | T+F     | 2-9-3-6                        | 1-7-5-8-4 |
| 1      | R       | 1-3-5-4                        | 8-2-9-6-7 |
| 2      | R       | 2-5-1-3-6                      | 4-7-9-8   |
| 3      | R       | 6-3-9-2                        | 1-5-8-7-4 |
| 4      | R       | 9-3-6-5-2                      | 8-2-4-7   |

On remarquera, là où la comparaison est possible pour la partie aérienne des plantes et les racines, qu'une grande similitude existe, en général, dans le classement des effets des différents traitements.

Il en était d'ailleurs de même dans l'étude du poids frais où nous ne possédons malheureusement, comme données concernant les racines, que celles des deux premières séries, ce qui nous empêche de tirer des conclusions très générales.

Il reste donc certain, dans l'étude du poids sec, que les solutions 2-3-6 se trouvent parmi les meilleures puisqu'on les retrouve dans le premier groupe du classement à partir de la série 2 et que la série 9 figure dans le groupe des bonnes solutions dès la série 3, ainsi que cela se passait d'ailleurs pour les rendements exprimés en poids frais.

En résumé général, une grande similitude de conclusions se marque dans l'étude du poids frais et du poids sec.

En raison de la différence des causes d'erreurs que nous avons déjà signalées antérieurement, ces conclusions se confirment donc mutuellement.

L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

Les résultats relatifs aux poids secs peuvent enfin être résumés par les diagrammes prismatiques comme nous l'avons fait pour les poids frais (diagrammes fig. 10 à 16).

On peut aussi les utiliser à mettre en évidence les effets des corps isolés, suivant le raisonnement qui est rappelé p. 72. Ces dernières données figurent dans le tableau 63, qui renforce complètement l'interprétation exposée p. 79 pour le tableau 37, en accentuant même les différences relatives. Ceci appuie, une fois de plus, l'augmentation en faveur des équilibres totaux à respecter dans la fumure minérale.

**Tableau 63**

*Exprimant l'effet sur le poids sec, en % de la moyenne, de l'existence d'un ion à une concentration dominante.*

| SÉRIES | PARTIES | IONS DOMINANTS  |                 |                 |         |     |     |
|--------|---------|-----------------|-----------------|-----------------|---------|-----|-----|
|        |         | Anions          |                 |                 | Cations |     |     |
|        |         | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> | K       | Ca  | Mg  |
| 1      | T+F     | +15             | +1              | -16             | +4      | -4  | 0   |
|        | R       | +16             | -1              | -15             | +10     | -3  | -7  |
|        | T+F+R   | +16             | 0               | -16             | +6      | -3  | -3  |
| 2      | T+F     | +14             | -2              | -12             | -6      | -3  | +9  |
|        | R       | +14             | +4              | -17             | -6      | +7  | -2  |
|        | T+F+R   | +13             | +1              | -14             | -6      | +1  | +5  |
| 3      | T+F     | +26             | -18             | -8              | -26     | -11 | +37 |
|        | R       | +25             | -10             | -15             | -37     | -11 | +48 |
|        | T+F+R   | +24             | -16             | -8              | -29     | -10 | +39 |
| 4      | R       | +10             | -5              | -5              | -36     | +8  | +28 |

FIG. 10

SÉRIE 1 - T + F sec - Effet moyen.

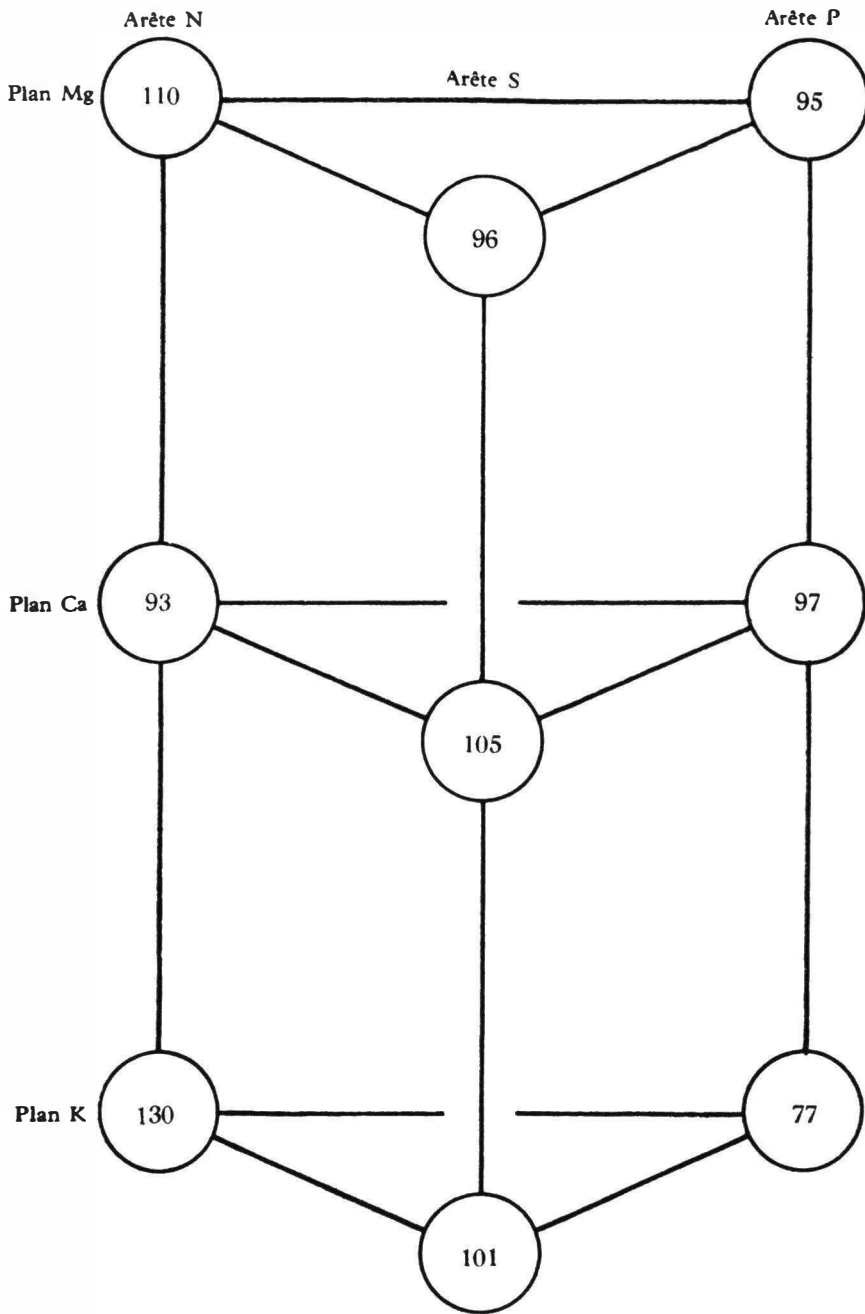




FIG. 11

SÉRIE 1 - R sec - Effet moyen.

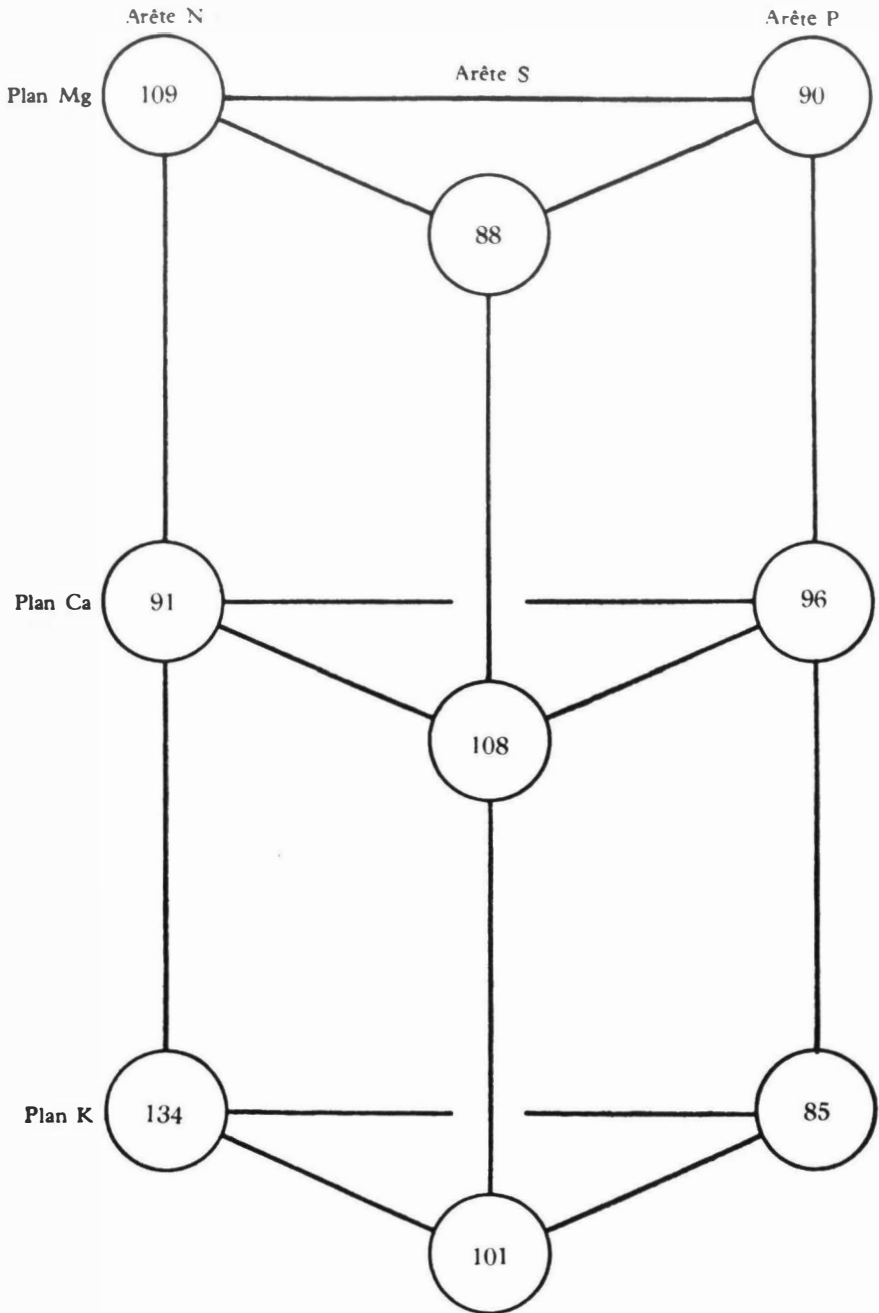


FIG. 12

SÉRIE 2 - T + F sec - Effet moyen.

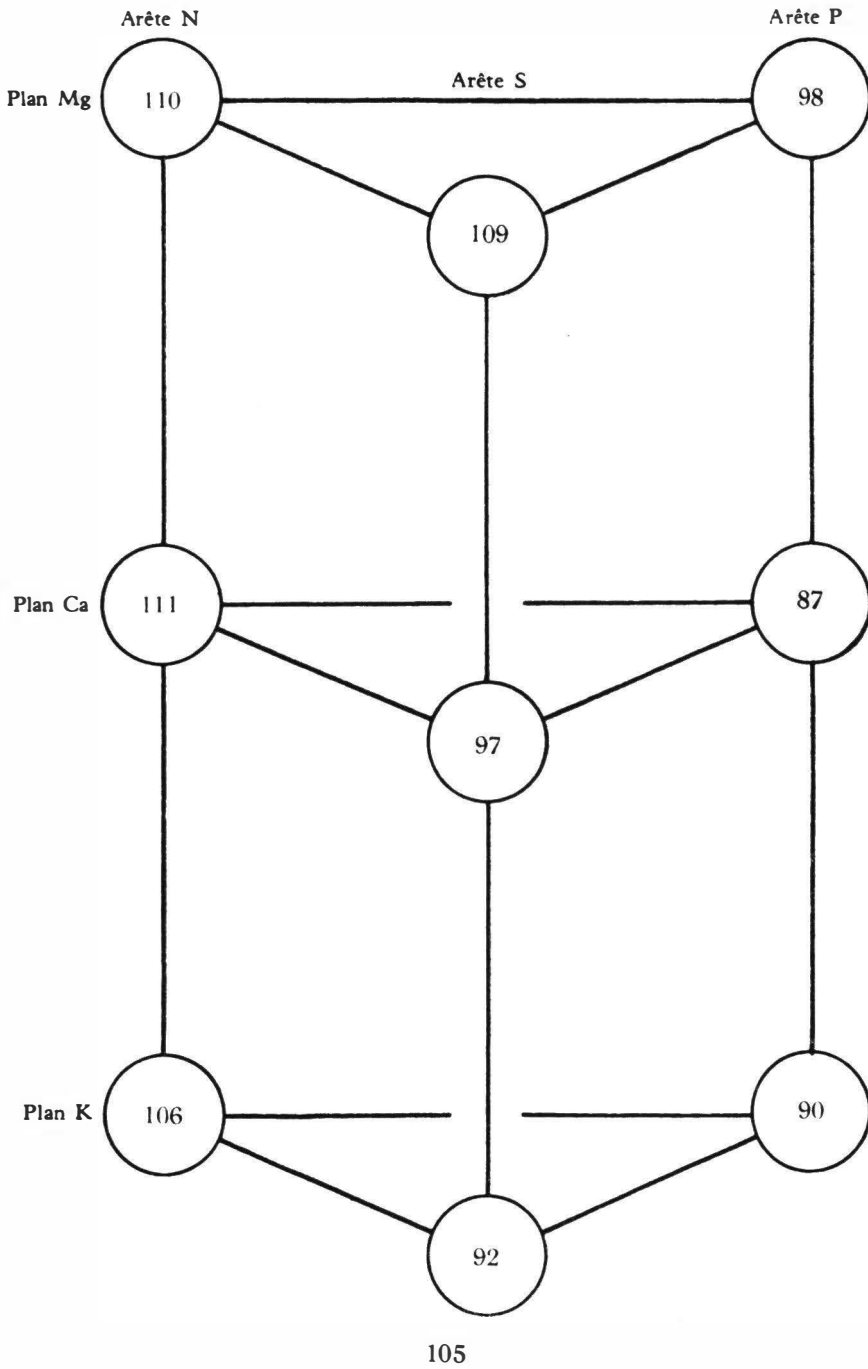


FIG. 13

SÉRIE 2 - R sec - Effet moyen.

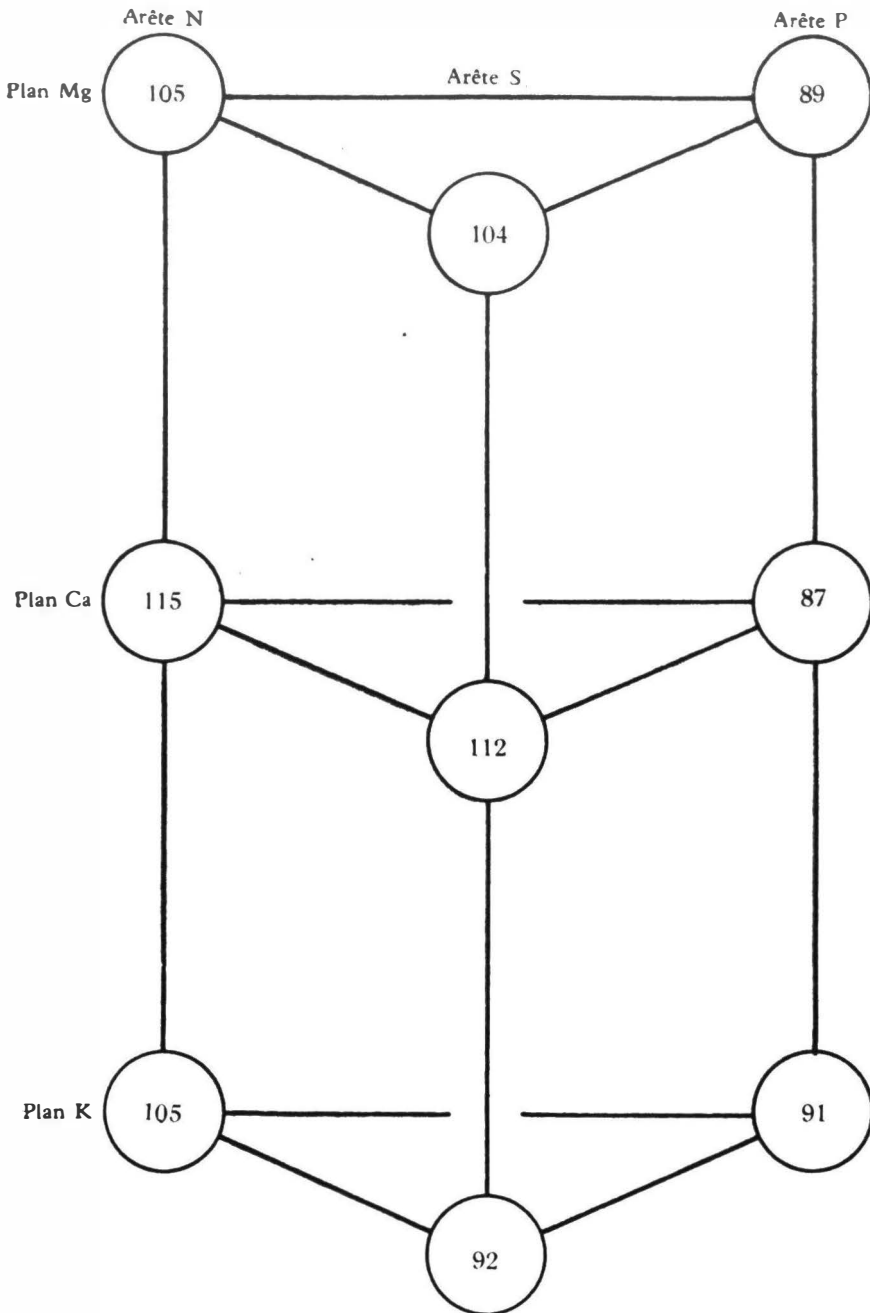


FIG. 14

SÉRIE 3 - T + F sec - Effet moyen.

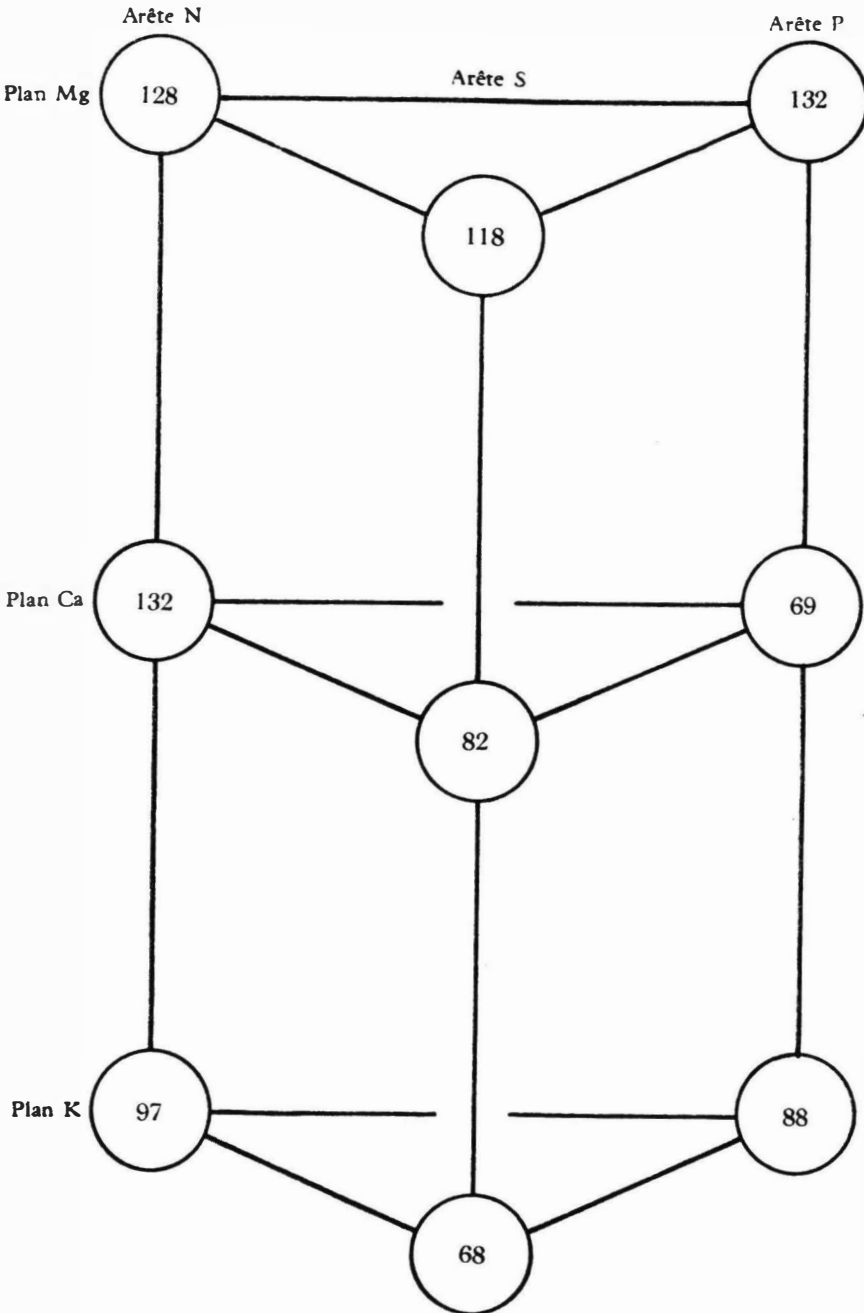


FIG. 15

SÉRIE 3 - R sec - Effet moyen.

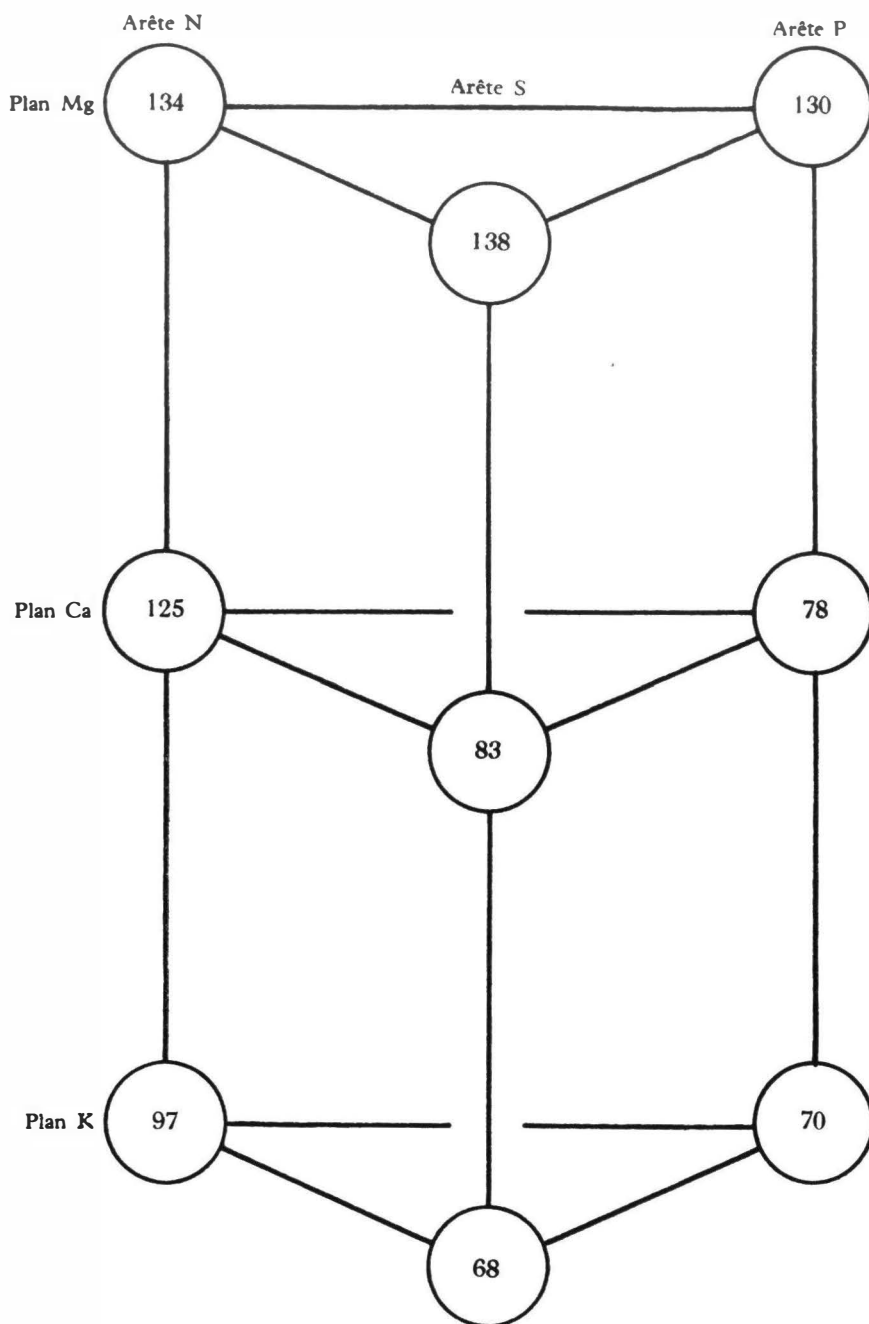
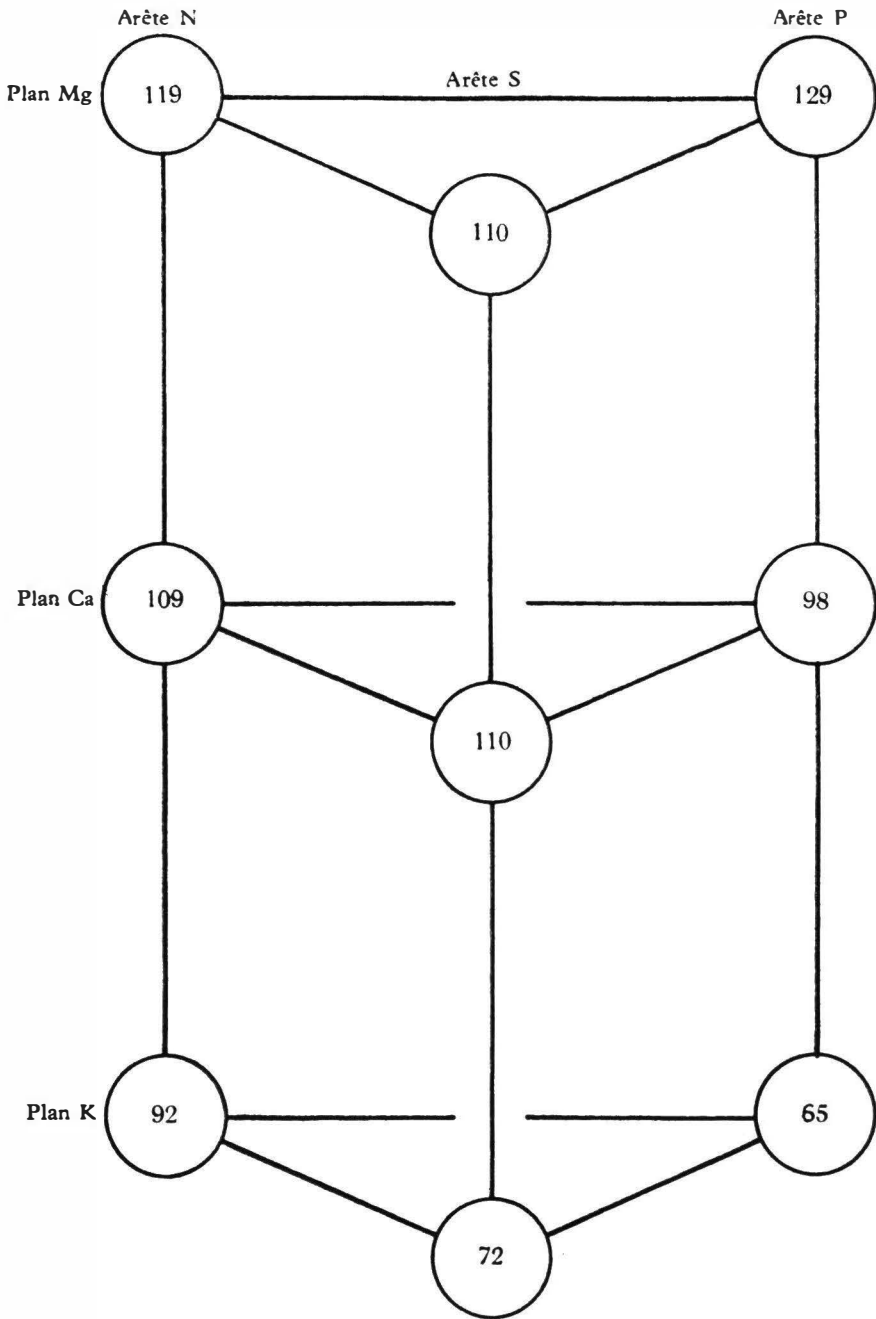


FIG. 16

SÉRIE 4 - R sec - Effet moyen.



### § 8. Étude de l'hydratation des tissus.

*Mode d'expression.*

Nous exprimons tous les nombres destinés aux comparaisons sous forme de la teneur en matière sèche en ‰ du poids frais, c'est-à-dire suivant la formule :

$$100 \frac{s}{f}$$

( $s$  = poids sec;  $f$  = poids frais).

L'évolution de la teneur en matière sèche au cours de l'expérience est résumée par le tableau 64.

**Tableau 64**

| SÉRIES | T  | F  | T+F | R  | T+F+R |
|--------|----|----|-----|----|-------|
| 1      | —  | —  | 32  | 22 | 27    |
| 2      | —  | —  | 30  | 22 | 27    |
| 3      | 23 | 27 | 25  | —  | —     |
| 4      | 18 | 29 | 24  | —  | —     |

Ce tableau montre, là où la comparaison est possible, que les tiges sont plus hydratées que les feuilles, et les racines plus que les parties aériennes de la plante.

Aucune différence susceptible d'interprétation n'existe entre les données relatives à l'hydratation des plantes qui ont subi les divers traitements.

On peut donc conclure que la variation des formules de fumure n'a guère d'influence sur l'hydratation des plantes.

### § 9. Étude des proportions existant entre les diverses parties des plantes.

1° *Le rapport des parties aériennes aux racines.*

Ces rapports sont établis (sur la moyenne de toutes les plantes de chaque série) dans le tableau de la page suivante.

## RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

| SÉRIES | POIDS FRAIS | POIDS SEC |
|--------|-------------|-----------|
| 1      | 1,04        | 1,51      |
| 2      | 1,20        | 1,55      |
| 3      | —           | 2,90      |
| 4      | 2,37        | 2,86      |

Il est à remarquer que ces rapports vont, d'une façon générale, en croissant (ce qui est normal).

Toutefois, pour les poids secs, il n'y a plus d'augmentation entre la série 3 et la série 4. Il serait cependant surprenant que, dans la suite de la croissance du palmier, les racines conservent un développement proportionnel à celui de la partie aérienne. Nous signalons le fait sans pouvoir conclure s'il en est bien ainsi ou si nous nous trouvons devant une anomalie accidentelle de croissance.

Les expériences actuellement en cours répondront ultérieurement à cette question.

Aucune différence remarquable n'existe à ce sujet entre les plantes ayant subi les divers traitements.

### *2° Le rapport du poids des feuilles à celui des tiges.*

Nous avons pu calculer ce rapport pour les séries 1, 3 et 4 et à l'état frais uniquement.

Les valeurs moyennes s'établissent comme suit :

|                     |                |                |                |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|
|                     | <i>Série 1</i> | <i>Série 3</i> | <i>Série 4</i> |
| Rapport F : T . . . | 1,68           | 1,71           | 1,23           |

Le rapport ne varie guère entre les séries 1 et 3 et cela est dû à ce que, dans le jeune âge de la plante, la tige est difficile à délimiter et comprend, en fait, une partie assez importante des pétioles. Plus tard, il est certain que le rapport doit diminuer puisque, finalement, le développement de la couronne foliaire reste constant (à partir de la 6<sup>e</sup> ou 8<sup>e</sup> année), alors que la tige ne cesse de croître.

Les données qui précèdent montrent que cette diminution du rapport F : T est déjà sensible à la fin de la première année.

## § 10. Effet de la quantité d'aliment.

Dans chaque série, la moitié des plantes ont, comme nous l'avons exposé en détail page 31, reçu une certaine dose d'aliments dite « dose simple », et l'autre moitié une « dose triple ».



## L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

Le rapport des rendements obtenus par l'adjonction de la dose triple aux rendements obtenus par la dose simple est donné dans le tableau 65 sous le nom de « Rapport des rendements — doses 3 : 1 ».

On constate que ce rapport croît avec le temps tout au long de l'expérience.

**Tableau 65**

*Valeurs moyennes du rapport des rendements aux doses 3 : 1.*

| SÉRIES | T+F   |     | R     |     | T+F+R |     |
|--------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
|        | frais | sec | frais | sec | frais | sec |
| 1      | 106   | 104 | 97    | 96  | 101   | 100 |
| 2      | 113   | 113 | 113   | 107 | 113   | 111 |
| 3      | 136   | 134 | —     | 126 | —     | 132 |
| 4      | 149   | —   | —     | 129 | —     | —   |

Un supplément d'alimentation minérale produit donc un effet de plus en plus marqué, tout au moins dans les conditions expérimentales où nous nous sommes placés, et pendant la première année d'expérience. Les variations que ce rapport peut présenter dans chaque série selon les traitements ne paraissent pas pouvoir être dues à un effet autre que le hasard. Il se peut toutefois que, dans une expérience plus prolongée, certains traitements se différencient des autres à cet égard.

## DEUXIÈME PARTIE

### *DISCUSSION GÉNÉRALE*

---

#### **1. Le développement du palmier à huile dans les conditions expérimentales.**

Cette première expérience systématique sur la nutrition du palmier *Elaeis* constitue la preuve que celui-ci répond aux variations du milieu minéral dans lequel il se nourrit.

Il y répond aux variations de qualité et montre par là qu'il n'est pas indifférent à la nature de l'engrais qu'on lui donne.

Certes, cette première expérience concerne la culture sur un substrat pratiquement dépourvu de pouvoir rétentif et de propriétés colloïdales. L'avenir nous montrera si la nature chimique et physique du sol peut modifier profondément la réaction de la plante. Il reste acquis que la plante peut réagir.

Elle répond aux variations quantitatives puisque l'importance de la dose se marque nettement et s'accroît même avec le temps.

Ce dernier fait résulte sans doute de ce que la jeune plante a reçu, même à la dose simple, plus d'aliments qu'elle n'en peut utiliser alors que, plus tard, son développement déjà assez grand exige une forte alimentation et que, dans ce cas, un supplément d'aliments n'est pas sans effet. Cette réaction de la plante à la quantité d'aliments reçue est certainement accentuée par le faible pouvoir rétentif du substrat utilisé. On doit s'attendre à ce que, en présence de colloïdes, la réduction du drainage permette une plus complète utilisation des aliments minéraux et que, dans ce cas, une différence dans la dose alimentaire soit moins efficace. Une expérience actuellement en cours précisera ce point qui est d'importance capitale dans l'application pratique des engrais.

La connaissance pédologique fournira les renseignements voulus sur les propriétés colloïdales et physiques en général de la station considérée, et sera un guide dans l'application pratique des données physiologiques.

Rappelons, enfin, que nos sujets d'expérience ont atteint en moyenne (c'est-à-dire y compris ceux qui furent l'objet d'un traitement défavorable) un développement supérieur à celui des témoins en pépinière (tableau 10, p. 37).

Les plantes qui reçurent les aliments les mieux équilibrés atteignirent un développement double de ces témoins.

## 2. Résumé de l'effet des différentes formules mises en expérience.

### LA FORMULE 1.

Caractérisée par les proportions suivantes en équivalents-grammes :

|    |    |    |                 |                 |                 |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
| 32 | 11 | 4  | 32              | 10,5            | 10,5            |

Développement général des plantes :

Elles atteignent, dès le début de la végétation, une taille légèrement supérieure à la moyenne et conservent cette différence jusqu'à la fin, pratiquement sans changement (102 à 104 % de la moyenne). Le développement en largeur est également légèrement supérieur à la moyenne, sauf (et de fort peu) au 11<sup>e</sup> mois de végétation. Le rapport de la hauteur à la largeur est légèrement supérieur à la moyenne. Il n'y a rien à signaler pour le nombre de feuilles.

Les plantes soumises à ce traitement présentent un jaunissement de façon assez généralisée. C'est, à ce point de vue, une mauvaise solution et cela en dépit de la dominance de l'azote.

Au point de vue du rendement en poids, cette solution, nettement favorable au début de la croissance, devient par la suite l'une des moins bonnes. Elle reste seulement supérieure aux formules 7 et 8.

Par rapport à l'ensemble des autres traitements, la solution 1 est de valeur moyenne, seulement dès la série 2.

### LA FORMULE 2.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

|    |    |    |                 |                 |                 |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
| 11 | 32 | 4  | 32              | 10,5            | 10,5            |

Elle a donc le même équilibre d'anions que la précédente, mais, parmi les cations, le calcium domine.

Au point de vue de la croissance en hauteur, elle ne diffère pratiquement pas de la moyenne. Elle ne se signale donc pas à l'attention à ce point de vue. Par contre, les plantes s'y développent davantage en largeur, le rapport H/L atteignant 0,802 contre 0,830 en moyenne et 0,884

## DISCUSSION GÉNÉRALE

dans les témoins en pépinière. Le nombre de feuilles formées diffère fort peu de la moyenne.

Au point de vue du jaunissement des feuilles, c'est une assez mauvaise solution en dépit de la dominance de l'azote qui est ici la même que dans la formule 1.

Les deux formules produisent à cet égard les mêmes effets tout au long de la végétation.

En ce qui concerne la croissance en poids, la formule 2 se distingue nettement de la plupart des autres dès la série 2 et ce caractère s'accroît avec le temps. Dans beaucoup de cas, cette différence est nettement significative (voir pp. 65, 89 et 90) et son importance peut être considérable.

Par rapport à l'ensemble des autres formules, la solution 2 est nettement supérieure à la moyenne à partir de la série 2.

En résumé, excellente formule pour le rendement pondéral, mais à surveiller en raison du jaunissement assez abondant que présentent les plantes qui y sont soumises.

### LA FORMULE 3.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

|    |    |    |                 |                 |                 |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
| 12 | 12 | 15 | 37              | 12              | 12              |

Cette fois, l'azote domine encore et dans la même proportion vis-à-vis des autres anions que dans les formules précédentes, mais le magnésium domine sur les autres cations.

La dominance n'est pas aussi forte que celle de la potasse, car on sait bien qu'il est peu vraisemblable qu'une plante exige le magnésium de façon massive, mais elle est cependant certaine et la proportion de magnésium est environ 4 fois plus forte que dans les deux premières formules.

En ce qui concerne la croissance en hauteur, cette formule montre dès le début de l'expérience une nette supériorité. Pour la largeur, la différence est moins importante, bien que de même sens. Le rapport H/L est intermédiaire entre celui de la moyenne des sujets d'expérience et celui des témoins (0,855). Le nombre de feuilles par plante est nettement supérieur à la moyenne, ce qui indique le mieux de tous les caractères, une plus grande vitesse de développement. Pour ce qui est de la teinte des feuilles, cette formule est la meilleure. La cote de coloration est toujours la plus élevée.

En ce qui concerne le rendement pondéral, les plantes soumises à ce traitement diffèrent favorablement de la plupart des autres et souvent de façon significative.

## L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

Le signe de la différence de rendement avec les autres traitements est toujours positif dès la série 2 et ces différences figurent parmi les plus élevées, surtout en fin d'expérience.

Comparé à l'ensemble des autres traitements, le traitement 3 est toujours supérieur et le plus souvent de la façon la plus importante. La solution 3, dans le classement général (pp. 71 et 101), figure toujours parmi les formules d'un effet supérieur à la moyenne.

En résumé, solution très favorable tant au point de vue du rendement pondéral que de la santé de la plante, dans la mesure où celle-ci est traduite par la couleur des feuilles.

### LA FORMULE 4.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 32 | 11 | 4  | 10,5            | 32              | 10,5            |

Ici l'azote ne domine plus. Il se trouve en même proportion ionique que le phosphate. Parmi les cations, le potassium domine.

Au point de vue de la croissance en hauteur, la solution 4 ne se distingue pas de la moyenne. En ce qui concerne le développement en largeur, elle est légèrement supérieure à la moyenne en fin d'expérience, ce qui se traduit par un rapport H/L (0,809) inférieur à celui de la moyenne et, a fortiori, des témoins.

En ce qui concerne le jaunissement des feuilles, elle se montre légèrement plus favorable que les formules 1 et 2, mais nettement inférieure à la formule 3. Elle diffère assez peu à cet égard de la valeur moyenne.

Elle produit des rendements qui ne diffèrent valablement que de ceux produits par les traitements 2 et 3 qui lui sont supérieurs. Comparée à l'ensemble des autres formules, la formule 4 montre une production de matière végétale voisine de la moyenne, tant en poids frais qu'en poids sec, jusqu'à la série 2. Ensuite, surtout en ce qui concerne le poids sec, elle est d'un effet légèrement défavorable.

En résumé, formule de valeur moyenne, ou légèrement inférieure, tant au point de vue production pondérale qu'au point de vue aspect et développement des plantes.

### LA FORMULE 5.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11 | 32 | 4  | 10,5            | 32              | 10,5            |

Les proportions des anions sont les mêmes que dans la formule 4, mais parmi les cations, le calcium domine au lieu du potassium.

## DISCUSSION GÉNÉRALE

Pour la croissance en hauteur, la formule 5 se comporte comme la formule 4. Son effet est toutefois toujours légèrement inférieur à la moyenne. Comparée à chacune des autres solutions, elle se montre tantôt meilleure, tantôt moins bonne, mais toujours de fort peu. Pour le développement en longueur de la plante elle ne s'écarte jamais de la moyenne et ces deux caractères font apparaître chez les plantes qui y sont soumises un rapport H/L très légèrement supérieur à la moyenne (développement en hauteur). Le nombre de feuilles par plante est normal, le jaunissement qu'elles peuvent manifester n'est pas négligeable sans s'écarter de beaucoup de la moyenne.

En ce qui concerne le développement pondéral, il n'est significativement différent que des traitements 2, 3, 6 et 9 auxquels il se montre inférieur au cours de la série 3, soit pour le poids frais, soit pour le poids sec.

Il faut toutefois signaler que, sans atteindre la signification réelle, il se montre cependant supérieur à plusieurs autres traitements dans la série 2.

Sa comparaison avec l'ensemble des autres traitements (tableaux 35, p. 70) montre que cette supériorité est éphémère, sauf peut-être en ce qui concerne les racines (série 4, tableau 61, p. 99).

En résumé, c'est une formule favorable au début de la végétation, mais de façon passagère, faisant apparaître chez les plantes qui y sont soumises des signes de santé assez médiocres.

### LA FORMULE 6.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

|    |    |    |                  |                 |                  |
|----|----|----|------------------|-----------------|------------------|
| K  | Ca | Mg | N O <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | P O <sup>4</sup> |
| 12 | 12 | 15 | 12               | 37              | 12               |

Les proportions des anions sont les mêmes que dans les deux dernières formules : N O<sup>3</sup> et P O<sup>4</sup> en proportions également faibles.

Pour les cations, c'est maintenant Mg qui domine.

La croissance en hauteur, qui se manifeste chez le palmier soumis à ce traitement, est tout d'abord légèrement inférieure à la moyenne qu'elle dépasse cependant en fin d'expérience. Pour le développement en largeur, il reste jusqu'au bout inférieur à la moyenne, ce qui donne finalement un rapport H/L de 0,946, le plus élevé de tous, dépassant même nettement les témoins en pépinière. Le développement se produit donc surtout en hauteur.

Or, dès la seconde série, et tant pour le poids frais que pour le poids sec, la solution 6 produit des rendements supérieurs à plusieurs autres et supérieurs à la moyenne de l'ensemble des autres (bonnes formules comprises). Ce n'est donc pas, par le simple étirement ou étiolement,

que les plantes présentent le rapport H/L le plus élevé, mais bien par une croissance réelle plus rapide que dans les autres traitements.

Il en est de même, mais à un moindre de grépour la formule 3. Cependant, celle-ci produit dans quelques cas un rendement pondéral supérieur à celui du 6 (tableaux 30, 33, 50) et jamais inférieur. Le traitement 3 est donc au moins égal, à ce point de vue, au 6 et ne produit pas un rapport H/L aussi élevé. Il produit donc, en raison de la combinaison de ces deux éléments, des plantes plus trapues.

En ce qui concerne le nombre de feuilles formées, ce qui est, nous l'avons déjà dit, le meilleur critère de la vitesse de développement, le traitement 6 n'est égalé que par le traitement 3, les deux seuls qui s'écartent clairement de la moyenne par excès.

Enfin, les plantes soumises au traitement 6 présentent une cote de jaunissement à peine inférieure à celles qui reçoivent la formule 3 et le traitement 6 compte donc parmi les meilleurs.

En résumé, la formule 6 est l'une des meilleures : les plantes qui la reçoivent comptent parmi les plus vertes, les plus rapides dans leur développement. Elle se distingue de la formule 3 par le fait qu'elle lui est — de très peu d'ailleurs — inférieure à ces points de vues et parce qu'elle produit des plantes un peu plus élancées. Il faut souligner la très belle teinte des feuilles, en dépit de la faible proportion en azote, et comparer ce comportement à celui des formules 1 et 2, riches en azote et produisant un jaunissement important.

#### LA FORMULE 7.

La formule est caractérisée par les proportions suivantes en équivalents-grammes :

|    |    |    |                 |                 |                 |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
| 32 | 11 | 4  | 10,5            | 10,5            | 32              |

C'est ici, parmi les anions, le phosphate qui domine et, parmi les cations, la potasse, dans la même proportion que dans les solutions 1 et 4.

Le développement en hauteur des plantes soumises à ce traitement est tout d'abord supérieur à la moyenne (jusqu'au 4<sup>e</sup> mois), puis devient inférieur. En largeur, il est toujours inférieur. En fin d'expérience, le rapport H/L est parmi les plus élevés; il n'est inférieur qu'à celui qui apparaît par le traitement 6. Ce sont donc, ici aussi, des plantes élancées qui se forment. Mais par différence avec ce qui se présente pour la formule 6, les rendements pondéraux sont ici inférieurs à ceux de plusieurs autres traitements (tableaux 26 à 33 et 49 à 58) et cela de façon souvent significative (tableaux 18 à 21, 23, 24, 39 à 41, 45 à 48). Ce n'est donc pas ici par suite d'une croissance particulièrement rapide que les plantes s'élèvent, car le rendement pondéral est même toujours inférieur

## DISCUSSION GÉNÉRALE

à la moyenne de tous les autres, et parfois de 20 ou 30 % (tableaux 35 et 61, pp. 70 et 99). Les plantes sont donc ici réellement chétives et anormalement étirées.

En ce qui concerne le nombre de feuilles, c'est dans le traitement 7 que nous trouvons la valeur la moins élevée. Par conséquent, en dépit de la hauteur, la croissance, morphogénétiquement parlant, est donc la plus lente. Enfin, c'est ici que les cotes les plus mauvaises sont atteintes pour les signes de jaunissement.

En résumé, la formule 7 est nettement mauvaise : étirement exagéré, jaunissement étendu, croissance lente, faible rendement la caractérisent.

### LA FORMULE 8.

Elle est caractérisée par la composition suivante en équivalents-grammes :

| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 11 | 32 | 4  | 10,5            | 10,5            | 32              |

C'est donc la même formule anionique que la précédente (dominance phosphate), mais le calcium domine parmi les cations.

La croissance en hauteur ne dépasse ici jamais la moyenne. Elle s'y maintient pendant les trois premiers mois, puis lui est toujours inférieure. Le développement des plantes en largeur, bien que dépassant toujours celui qui se produit par le traitement 7, est toujours faible. Finalement, le rapport H/L s'établit à une valeur moyenne.

L'indice de jaunissement compte parmi les médiocres et le nombre de feuilles formées est nettement inférieur à la moyenne, tout en dépassant celui du traitement 7. Pour ce qui est des rendements pondéraux, ils sont inférieurs à la plupart des autres, et même, en plusieurs cas, à ceux du traitement 7. Ils sont les plus bas de tous dans la comparaison à la moyenne de tous les autres traitements.

En résumé, c'est la plus mauvaise formule pour les rendements pondéraux (frais ou secs), mais elle produit chez les plantes un jaunissement moins étendu et un étirement moins prononcé que la formule 7.

### LA FORMULE 9.

Elle est caractérisée par l'équilibre suivant en équivalents-grammes :

| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| 12 | 12 | 15 | 12              | 12              | 37              |

Ici le phosphate domine comme dans les deux formules précédentes, mais, parmi les cations, c'est le magnésium qui domine.

La croissance en hauteur et en largeur est ici presque toujours inférieure à la moyenne, mais le rapport H/L final est de 0,802, ce qui montre



que les plantes ne sont certainement pas plus étirées que la moyenne. Le nombre de feuilles formées est très faible. Seules, les formules 7 et 8 sont à cet égard moins favorables.

La croissance des plantes est donc assez lente.

Par contre, le jaunissement est remarquablement faible pour un développement par ailleurs peu favorisé. La cote, en effet, est l'une des 3 plus élevées, en bien des cas la seconde (tableau 15, p. 45).

En ce qui concerne les rendements pondéraux, ils sont, dès la 3<sup>e</sup> série, supérieurs à beaucoup d'autres et même à la moyenne d'ensemble (en frais et en sec). Auparavant, c'était l'inverse.

Dans le classement des rendements (tableaux 36 et 62, pp. 71 et 101), cette interversion apparaît clairement.

En fin d'expérience, le traitement 9 donne le meilleur rendement pour les racines (en sec) et le second, en valeur, pour les parties aériennes (en frais).

En résumé, la formule 9 est l'une des meilleures pour le rendement pondéral. La croissance est peut-être plus lente (morphogénétiquement) et l'on peut craindre que les phases de développement se succèdent moins rapidement, ce qui risque (mais sans certitude) de retarder l'apparition de la fructification. Les plantes soumises au traitement 9 sont donc pondéralement favorisées, présentent une forme non spécialement étirée et ne présentent guère de jaunissement. C'est, sous la réserve de l'évolution morphogénétique possible, une excellente solution.

En conclusion générale, la formule 3 est celle qui présente le plus de caractères favorables et de la façon la plus continue.

On peut la considérer comme la meilleure.

La formule 6 ne lui est guère inférieure. Toutes deux accélèrent la croissance en poids sans préjudice du développement morphogénétique. La formule 3 est toutefois la seule qui soit toujours, dans le classement, dans le groupe supérieur à la moyenne.

La formule 9 équivaut presque, finalement, aux deux premières pour le rendement pondéral et la teinte des feuilles. Nous craignons qu'elle soit moins favorable au développement, mais il se peut fort bien que ce soit là un phénomène passager, surtout manifeste au début de la végétation et peut-être déjà en train de s'estomper à la fin de notre expérience. Dans ce cas, l'avenir de cette formule est digne d'intérêt : la haute teneur en phosphate est peut-être favorable à la fructification.

Elle mérite certainement d'être suivie.

Les formules 7 et 8 (et à un moindre degré la 4) sont nettement défavorables.

Les formules 1 et 5 sont d'un intérêt intermédiaire, mais certainement pas saillant.

### 3. Le principe des équilibres totaux.

L'expérience que nous avons analysée démontre fort bien la thèse que nous avons posée en principe :

Aucune dominance d'un corps isolé ne permet d'expliquer l'entière des faits observés : on peut avoir des plantes très vertes avec azote dominant (formule 3), soufre dominant (formule 6) ou phosphore dominant (formule 9). Le rendement pondéral le meilleur s'observe dans les solutions 2, 3, 6 et 9 où dominent, parmi les anions, soit l'azote, soit le phosphore et, parmi les cations, soit le calcium, soit le magnésium.

Le rendement pondéral maximum peut coïncider avec le développement maximum (formule 3) ou avec un développement médiocre (formule 9).

Il peut coïncider avec une coloration excellente des feuilles (3) ou médiocre (2).

Enfin, un fait capital apparaîtra.

Ce rendement peut être très voisin dans les solutions de même rapport  $N : P^2 O^5 : K^2 O$  (2 et 3), mais être accompagné cependant alors des signes de santé très différents.

Il peut être très voisin, presque identique, dans des traitements où les rapports  $N : P^2 O^5 : K^2 O$  diffèrent fortement (3 et 6, 3 et 9).

La croissance, morphogénétiquement et pondéralement comparable, et des signes de santé presque équivalents peuvent s'observer dans des solutions à rapports  $N : P^2 O^5 : K^5 O$  très différents (3 et 6).

Ce rendement peut différer fortement (presque moins bon au meilleur) et les signes de santé différer très fort aussi dans deux solutions de rapport  $N : P^2 O^5 : K^2 O$  identiques (8 et 9).

Cet ensemble de constatations suffit à condamner l'attribution des résultats recherchés à un seul élément ou à un équilibre partiel. Il suffit de songer que, si l'on avait porté en graphique les rendements en fonction du seul rapport  $N : P^2 O^5 : K^2 O$ , on aurait obtenu automatiquement la réunion en une moyenne des rendements des solutions 8 et 9 d'une part, 5 et 6 de l'autre.

Chacun de ces deux points aurait, dans ce cas, montré un rendement de valeur très voisine de la moyenne générale et la différence des traitements, dans chacun de ces couples, aurait passé entièrement inaperçue.

De même, si d'une façon très générale, la dominance de phosphate apparaît comme défavorable (tableaux 37 et 63, pp. 79 et 102), la mise en évidence de cet effet cache complètement le fait que, en présence d'une dominance de magnésium, celle de phosphate donne un rendement à peu près aussi bon que lorsque l'azote domine (formule 9).

Nous pouvons donc conclure que la nécessité de considérer en un seul ensemble l'équilibre total de tous les ions majeurs est confirmée par ces expériences. *Il est arbitraire et dangereux de limiter la valeur*

*d'équilibre à l'ensemble de trois seulement de ses constituants*, surtout s'ils sont exprimés, en  $N : P^2 O^5$  et  $K^2 O$ . Nous pensons que c'est, en grande partie, à cela qu'on doit attribuer l'échec de nombreuses tentatives d'applications d'engrais minéraux.

Enfin, la considération de la cote de jaunissement met en évidence le danger d'attribuer à ce caractère la valeur d'un signe de carence ou de déficience définie. C'est un signe de *déséquilibre* dans l'alimentation minérale de la plante. Il peut aussi bien apparaître avec dominance d'azote que de phosphore, avec dominance de calcium que de potassium.

Le rôle des proportions relatives des trois cations principaux sur tous les caractères importants de la plante, et notamment sur le rendement pondéral résultant principalement de l'assimilation des anions, ressort aussi de cette expérience.

L'expérimentation ultérieure dans la recherche de l'équilibre le plus favorable s'orientera vers la dominance combinée d'azote avec magnésium et calcium ou de la dominance de phosphate combinée avec celle de magnésium.

La dominance simultanée d'azote et de potasse ou de phosphate, sans celle de magnésium, seront à écarter.

## CONCLUSIONS SOMMAIRES

### PRINCIPES.

1. Dans l'étude expérimentale de la formule de fumure minérale, il est erroné de chercher uniquement le rôle d'un élément ou d'attribuer l'importance aux proportions à respecter entre quelques éléments seulement, tels que N, P et K, surtout si la somme pondérale de ceux-ci est maintenue constante pour les formes  $N + P^2 O^5 + K^2 O$ .

2. Dans cette étude, il faut au moins envisager *dans un même ensemble et simultanément* l'équilibre entre tous les éléments majeurs. Il est probable que cette conclusion peut s'étendre à d'autres éléments. Les principes généraux admis à la base de cette recherche se trouvent confirmés.

3. Le jaunissement des feuilles traduit l'existence d'un déséquilibre nutritif complexe plutôt que la carence ou la déficience d'un élément donné.

### CAS PARTICULIER DU PALMIER.

1. L'équilibre à respecter entre les éléments nutritifs, pour obtenir du palmier un développement optimum aux points de vue les plus divers, est, de tous ceux que nous avons examinés, celui que nous avons appelé traitement n° 3.

2. Cet équilibre est défini par les proportions suivantes en équivalents-grammes :

|    |    |    |                 |                 |                 |
|----|----|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| K  | Ca | Mg | NO <sup>3</sup> | SO <sup>4</sup> | PO <sup>4</sup> |
| 12 | 12 | 15 | 37              | 12              | 12              |

Pour se référer aux *conventions courantes* en matière d'engrais, une fumure minérale correspondant à cette formule aurait la composition suivante à l'état pur (ou *toute autre composition entièrement proportionnelle pour tous ses composants*) :

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| N                             | 21  |
| S O <sup>3</sup>              | 19  |
| P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> | 12  |
| K <sup>2</sup> O              | 23  |
| Ca O                          | 13  |
| Mg O                          | 12  |
| Total                         | 100 |

## L'ALIMENTATION MINÉRALE DU PALMIER A HUILE

Elle pourrait, par exemple, se réaliser à la pureté de 70 % environ par la composition suivante (à appliquer *avec les précautions d'usage dans les mélanges d'engrais*) :

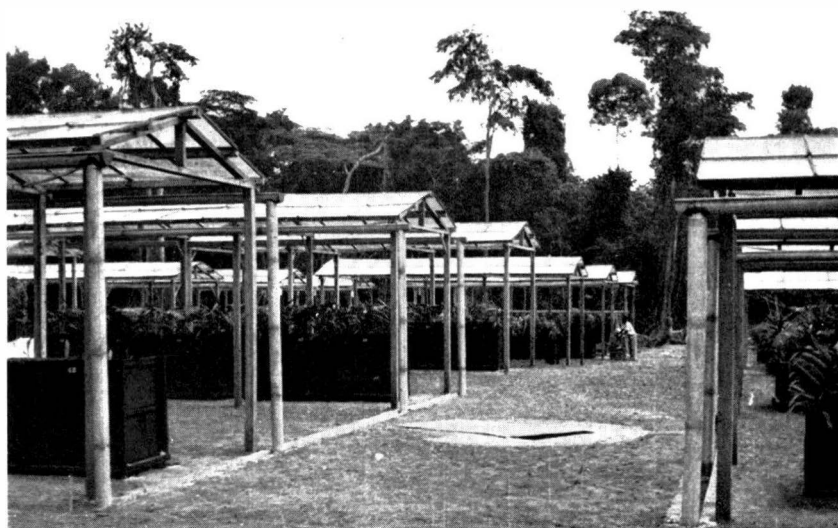
|   |          |
|---|----------|
| Nitrate Am. à 34,5 % N . . . . .                                    | 38,7 kg  |
| Phosphate bicalcique (38 % P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> ). . . . . | 20,0 kg  |
| Sulfate de Potasse (48 % K <sup>2</sup> O) . . . . .                | 30,4 kg  |
| Chaux (100 % Ca O). . . . .   | 2,2 kg   |
| Magnésic (88 % Mg O). . . . .                                       | 8,7 kg   |
| TOTAL. . . . .  | 100,0 kg |

Une dose de 750 kg à l'hectare pourrait être envisagée.

3. Des équilibres favorables sont représentés par notre formule 6 (que nous ne développons pas en détail) et, à un moindre degré peut-être, par les formules 2 et 9 (cette dernière la meilleure des deux).

4. Il faut éviter les formules où la potasse dépasse la proportion indiquée dans l'exemple donné plus haut et celles où une haute teneur en phosphore n'est pas accompagnée d'une teneur en magnésic égale à celle que nous citons dans notre exemple.

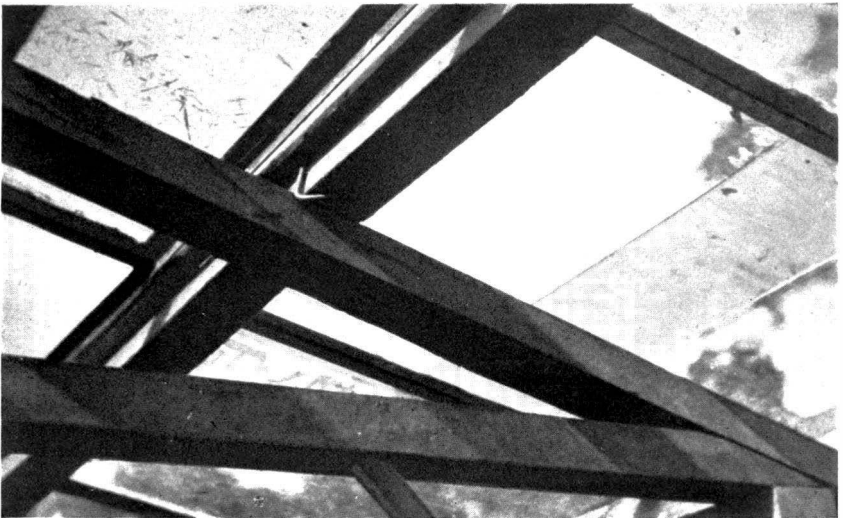
5. Ces compositions favorables peuvent être modifiées dans des sols de composition chimique particulièrement riche en l'un ou l'autre élément.



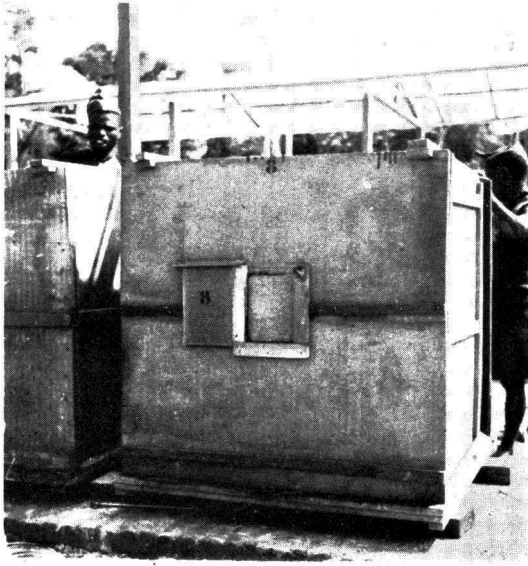
Vues générales des installations.



Châssis.



Accrochage des châssis.



Montage d'un grand bac de culture.



Mise en place des plants de la deuxième série.



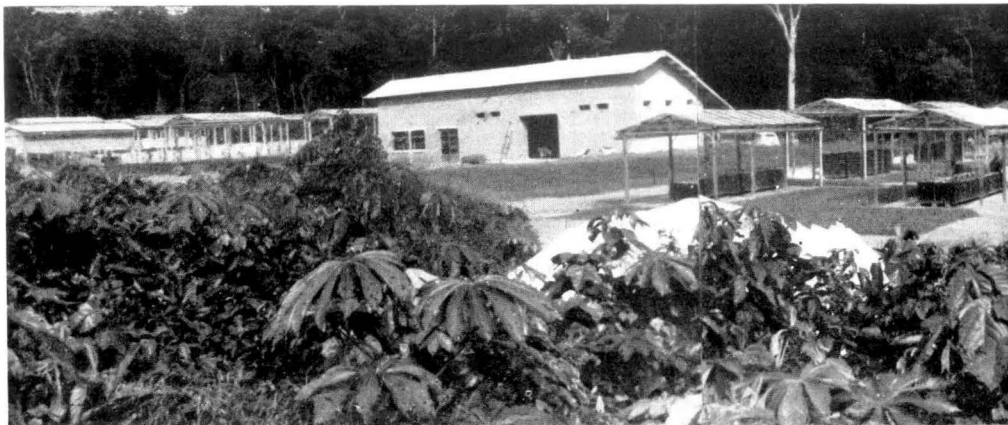
Abris ombragés - Cacaoyer.



Annexe



Abris  
1948 →



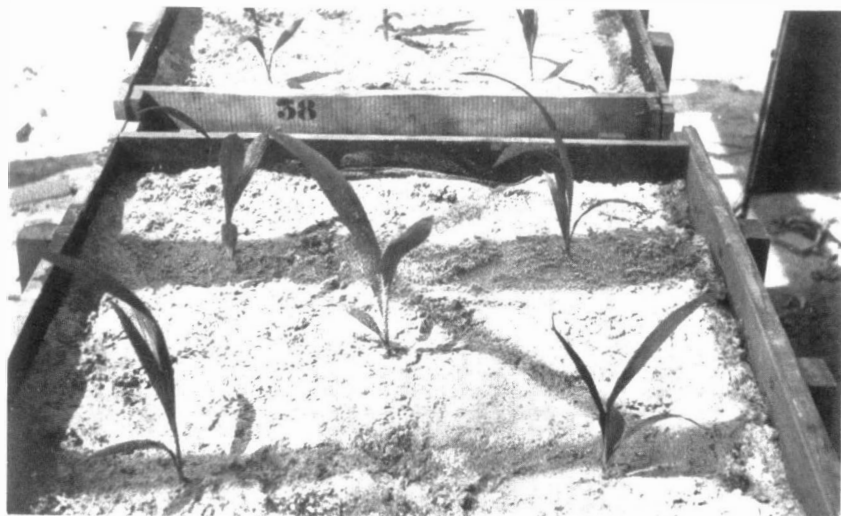
Aspect général de la parc

Abris avec protection contre pluie latérale.

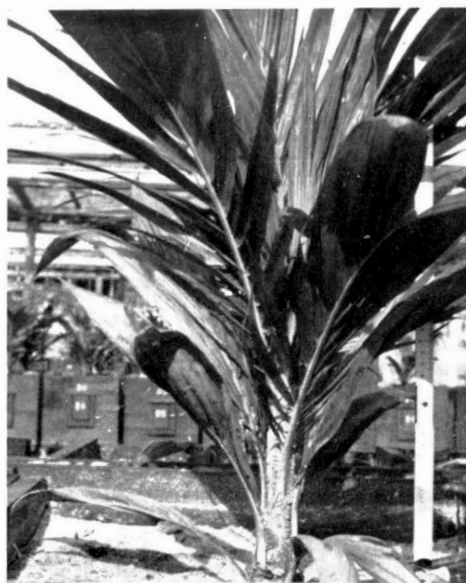


← Abris  
1947

périmentale « Physiologie »



Aspect des palmiers à la plantation.



Palmier après 9 mois de culture.





# 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.
3. GHESQUIÈRE, J., **État sanitaire de quelques palmeraies de la province de Coquilhatville**, 40 pp., 4 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.
6. JURION, F., **La brûlure des caféiers**, 28 pp., 30 fig., 8 fr., 1936.
7. STEYAERT, R.-L., **Étude des facteurs météorologiques régissant la pullulation du *Rhizoctonia solani* KÜHN sur le cotonnier**, 27 pp., 3 fig., 6 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., 15 fr., 1936.
10. LEROY, J.-V., **Observations relatives à quelques hémiptères du cotonnier**, 20 pp., 18 pl., 9 fig., 35 fr., 1936.
11. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la station de Mulungu (premières communications)**, 41 pp., 22 fig., 12 fr., 1936.
12. OPSOMER, J.-E., **Recherches sur la « Méthodique » de l'amélioration du riz à Yangambi. I. La technique des essais**, 25 pp., 2 fig., 15 tabl., 15 fr., 1937.
13. STEYAERT, R.-L., **Présence du *Sclerospora Maydis* (RAC.) PALM (*S. javanica* PALM) au Congo belge**, 16 pp., 1 pl., 5 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 Yangambi. II. Études de biologie florale. — Essais d'hybridation**, 33 pp., 7 fig., 10 fr., 1938.
16. STEYAERT, R.-L., **La sélection du cotonnier pour la résistance aux stigmato-mycoses**, 29 pp., 10 tabl., 8 fig., 9 fr., 1939.
17. GILBERT, G., **Observations préliminaires sur la morphologie des plantules forestières au Congo belge**, 28 pp., 7 fig., 10 fr., 1939.
18. STEYAERT, R.-L., **Notes sur deux conditions pathologiques de l'*Elaeis guineensis***, 13 pp., 5 fig., 4 fr., 1939.
19. HENDRICKX, F., **Observations sur une maladie verruqueuse des fruits du caféier**, 11 pp., 1 fig., 3 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., 6 fr., 1939.
21. SOYER, D., **La "rosette" de l'arachide. — Recherches sur les vecteurs possibles de la maladie**, 23 pp., 7 fig., 11 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., 12 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., 14 fr., 1941.
24. OPSOMER, J.-E., **Contribution à l'étude de l'hétérosis chez le riz**, 30 pp., 1 fig., 12 fr., 1942.
- 24bis. 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., 15 fr., 1944.
- 25bis. STOFFELS, E., **La sélection du caféier *arabica* à la station de Mulungu. (Deuxièmes communications)**, 72 pp., 11 fig., 30 tabl., 50 fr., 1942 (imprimé en Afrique) - (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, causé 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* GHESQ.**, 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 melanodorus* KARSCH.**, 32 pp., 1 fig., 3 pl. en couleurs, 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 l'huile *Elaeis guineensis* JACQ**, 124 pp., 16 fig., 100 fr., 1949.

#### SÉRIE TECHNIQUE

1. RINGOET, A., **Notes sur la préparation du café**, 52 pp., 13 fig., 5 fr., 1936 (épuisé).
2. SOYER, L., **Les méthodes de mensuration de la longueur des fibres du coton**, 27 pp., 12 fig., 3 fr., 1935.
3. SOYER, L., **Technique de l'autofécondation et de l'hybridation des fleurs du cotonnier**, 19 pp., 4 fig., 2 fr., 1935.
4. BEIRNAERT, A., **Germination des graines du palmier *Elaeis***, 39 pp., 7 fig., 8 fr., 1936 (épuisé).

- \*\*\* **Communications de l'I.N.É.A.C., Recueil n° 1**, 66 pp., 7 fig., 60 fr., 1943 (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.

## 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 mince : 500 fr., 1948.

### COLLECTION IN-4°

LOUIS, J. et FOUARGE, J., **Essences forestières et bois du Congo.**

Fascicule 1. Introduction (*en préparation*).

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 héliogr., 3 pl., 60 fr., 1948.

Fascicule 6. *Macrolobium Dewevrei* (*en impression*).

BERNARD, E., **Le climat écologique de la Cuvette centrale congolaise**, 240 pp. 36 fig., 2 cartes, 70 tabl., 300 fr., 1945.

### FICHES BIBLIOGRAPHIQUES

Les fiches bibliographiques éditées par l'Institut peuvent être distribuées au public moyennant un abonnement annuel de 300 francs (pour l'étranger, port en plus). Cette documentation bibliographique est éditée bimensuellement, en fascicules d'importance variable, et comprend environ 3000 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 sub-tropicaux.

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.



28. RINGOET, A., **Note sur la culture du cacaoyer et son avenir au Congo belge**, 82 pp., 6 fig., 36 fr., 1944.
- 28bis. 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 (épuisé).
29. WÆLKENS, 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 (épuisé).
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 (épuisé).
31. POSKIN, J.-H., **La taille du caféier *robusta***, 59 pp., 8 fig., 25 photos, 60 fr., 1942 (épuisé).
32. BROUWERS, M.-J.-A., **La greffe de l'*Hevea* en pépinière et au champ**, 29 pp., 8 fig., 12 photos, 30 fr., 1943 (épuisé).
33. DE POERCK, R., **Note contributive à l'amélioration des agrumes au Congo belge**, 78 pp., 60 fr., 1945 (imprimé en Afrique).
34. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de cotons spécialement congolaises**, Première partie, 110 pp., 40 fr., 1947.
35. DE MEULEMEESTER, D. et RAES, G., **Caractéristiques de certaines variétés de cotons 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.

#### HORS SÉRIE

- \*\* **Renseignements économiques sur les plantations du secteur central de Yangambi**, 24 pp., 3 fr., 1935.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1936**, 143 pp., 48 fig., 20 fr., 1937.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1937**, 181 pp., 26 fig., 1 carte hors texte, 20 fr., 1938.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (1<sup>re</sup> partie)**, 272 pp., 35 fig., 1 carte hors texte, 35 fr., 1939.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1938 (2<sup>e</sup> partie)**, 216 pp., 25 fr., 1939.
- \*\*\* **Rapport annuel pour l'Exercice 1939**, 301 pp., 2 fig., 1 carte hors texte, 35 fr., 1941.
- \*\*\* **Rapport pour les Exercices 1940 et 1941**, 152 pp., 50 fr., 1943 (imprimé en Afrique).
- \*\*\* **Rapport pour les Exercices 1942 et 1943**, 154 pp., 50 fr., 1944 (imprimé en Afrique).
- \*\*\* **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.
- GOEDERT, P., **Le régime pluvial au Congo belge**, 45 pp., 4 tabl., 15 planches et 2 graphiques hors texte, 30 fr., 1938.
- BELOT, R.-M., **La sériciculture au Congo belge**, 148 pp., 65 fig., 15 fr., 1938.
- 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 (épuisé).
- LEBRUN, J., **Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers au Congo**, 183 pp., 19 pl., 80 fr., 1941.

5. WAELKENS, M., **Travaux de sélection du Coton**, 107 pp., 23 fig., 15 fr., 1936.
6. FERRAND, M., **La multiplication de l'*Hevea brasiliensis* au Congo belge**, 34 pp., 11 fig., 12 fr., 1936 (épuisé).
7. REYPPENS, J.-L., **La production de la banane au Cameroun**, 22 pp., 20 fig., 8 fr., 1936.
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., 25 fr., 1936.
9. WAELKENS, M., **La purification du Triumph Big Boll dans l'Uele**, 44 pp., 22 fig., 15 fr., 1936.
10. WAELKENS, M., **La campagne cotonnière 1935-1936**, 46 pp., 9 fig., 12 fr., 1936.
11. WILBAUX, R., **Quelques données sur l'épuration de l'huile de palme**, 16 pp., 6 fig., 5 fr., 1937.
12. STOFFELS, E., **La taille du caféier *arabica* au Kivu**, 34 pp., 22 fig., 8 photos et 9 planches, 15 fr., 1937 (épuisé).
13. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du café par voie humide**, 50 pp., 3 fig., 12 fr., 1937.
14. SOYER, L., **Une méthode d'appréciation du coton-graines**, 30 pp., 7 fig., 9 tabl., 8 fr., 1937 (épuisé).
15. WILBAUX, R., **Recherches préliminaires sur la préparation du cacao**, 71 pp., 9 fig., 20 fr., 1937.
16. SOYER, D., **Les caractéristiques du cotonnier au Lomani. — Étude comparative de cinq variétés de cotonniers expérimentées à la station de Gandajika**, 60 pp., 14 fig., 3 pl., 24 tabl., 20 fr., 1937.
17. RINGOET, A., **La culture du quinquina. — Possibilités au Congo belge**, 40 pp., 9 fig., 10 fr., 1938.
18. GILLAIN, J., **Contribution à l'étude des races bovines indigènes au Congo belge**, 33 pp., 16 fig., 10 fr., 1938.
19. OPSOMER, J.-E. et CARNEWAL, J., **Rapport sur les essais comparatifs de décor-ticage de riz exécutés à Yangambi en 1936 et 1937**, 39 pp., 6 fig., 12 tabl., hors-texte, 8 fr., 1938.
20. LECOMTE, M., **Recherches sur le cotonnier dans les régions de savane de l'Uele**, 38 pp., 4 fig., 8 photos, 12 fr., 1938.
21. WILBAUX, R., **Recherches sur la préparation du café par voie humide**, 45 pp., 11 fig., 15 fr., 1938.
22. BANNEUX, L., **Quelques données économiques sur le coton au Congo belge**, 46 pp., 14 fr., 1938.
23. GILLAIN, J., **"East Coast Fever". — Traitement et immunisation des bovidés**, 32 pp., 14 graphiques, 12 fr., 1939.
24. STOFFELS, E.-H.-J., **Le quinquina**, 51 pp., 21 fig., 3 pl., 12 tabl., 18 fr., 1939 (épuisé).
- 25a. FERRAND, M., **Directives pour l'établissement d'une plantation d'*Hevea* greffés au Congo belge**, 48 pp., 4 pl., 13 fig., 15 fr., 1941.
- 25b. FERRAND, M., **Aanwijzingen voor het aanleggen van een geënte *Hevea* aanplanting in Belgisch-Congo**, 51 pp., 4 pl., 13 fig., 15 fr., 1941.
- 25c. FERRAND, M., **Directives pour l'établissement d'une plantation d'*Hevea* greffés au Congo belge**, 39 pp., 25 fr., 1941 (réimpression en Afrique du n° 25a).
26. BEIRNAERT, A., **La technique culturale sous l'Équateur**, XI-86 pp., 1 portrait héliogr., 4 fig., 22 fr., 1941.
27. LIVENS, J., **L'étude du sol et sa nécessité au Congo belge**, 53 pp., 1 fig., 16 fr., 1943.
- 27bis. 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 (épuisé).



**VAN DEN BRANDE, J.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'État, à Gand;  
**VAN DE PUTTE**, Membre du Conseil Colonial;  
**VAN DER STRAETEN, E.**, Administrateur de Sociétés Coloniales;  
**VAN GOIDSENHOFEN, G.**, Recteur de l'École de Médecine Vétérinaire de  
de l'État, à Cureghem;  
**VAN STRAELEN, V.**, Directeur du Musée Royal d'Histoire Naturelle de  
Belgique;  
**WILLEMS, J.**, Directeur du Fonds National de la Recherche Scientifique.

**B. COMITÉ DE DIRECTION.**

*Président :*

**M. VANDEN ABEELE, M.**, Directeur Général du Service de l'Agriculture au  
Ministère des Colonies.

*Secrétaire :*

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

*Membres :*

**MM. ANTOINE, V.**, Professeur à l'Institut Agronomique de l'Université de Louvain;  
**DE BAUW, A.**, Président du Comité Cotonnier Congolais;  
**HAUMAN, L.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**HOMÈS, M.**, Professeur à l'Université de Bruxelles;  
**STANER, P.**, Directeur au Ministère des Colonies;  
**VAN STRAELEN, V.**, Directeur du Musée Royal d'Histoire Naturelle de  
Belgique.

**C. DIRECTEUR GÉNÉRAL.**

**M. VANDEN ABEELE, M.**, Directeur Général du Service de l'Agriculture au  
Ministère des Colonies;

**D. DIRECTEUR GÉNÉRAL EN AFRIQUE.**

**M. JURION, F.**





Des Presses des Ets VROMANT, s. A.  
3, rue de la Chapelle, Bruxelles.