

Cah. ORSTOM, sér. Biol. n° 13 - novembre 1970.

L'ALIMENTATION MINÉRALE DU CAFÉIER *EXCELSA* VARIABILITÉ NATURELLE DE LA COMPOSITION MINÉRALE FOLIAIRE SUR UNE PLANTATION HOMOGENE

PAR

J.-P. COLONNA *

RÉSUMÉ

La variabilité de la composition minérale foliaire a été étudiée sur une plantation homogène de caféiers Excelsa issus de semences sélectionnées.

La variabilité entre parcelles élémentaires, puis la variabilité entre prélèvements homologues sur la même parcelle élémentaire, permettent d'obtenir une évaluation de la variabilité naturelle.

A partir de ce résultat, on a estimé qu'un prélèvement de deux feuilles par arbre, sur quarante arbres pris au hasard, était suffisant pour rendre compte de l'état minéral d'une plantation homogène d'un hectare.

Pour être suivi utilement par l'analyse foliaire, un essai d'engrais réalisé sur cette plante doit comporter cinq à six répétitions de vingt à vingt-cinq caféiers par traitement.

ABSTRACT

The variability of the mineral foliar composition has been studied on a homogeneous plantation of Excelsa coffee plants coming from selected seeds.

The variability between plots and the variability between homologous sampling on the same plot gives an evaluation of the natural variability.

From this result an estimation was made that a sampling of two leaves per tree, from forty trees taken at random, was enough to account for the mineral condition of a homogeneous plantation of one hectare.

Fertilizer tests made on this plant require five to six repetitions, with twenty to twenty five coffee plants per treatment, in order that the foliar analysis can be followed in a useful way.

INTRODUCTION

Les ions minéraux fournis sous forme d'engrais, entraînent, dans la mesure où le

* S.S.C. de l'O.R.S.T.O.M., 70-74, route d'Aulnay, 93-Bondy.

système racinaire les absorbe, une modification de l'état minéral de la plante. Cette modification, pour être perceptible, doit dépasser les variations naturelles propres à l'espèce (1). Avant toute étude de fertilisation minérale, il importe donc de déterminer l'ordre de grandeur de ces variations, que l'on peut mesurer en comparant des parcelles conduites d'une façon identique sur un sol homogène. Puisqu'il est impossible, ici, d'analyser la plante entière et puisque la pratique courante du diagnostic foliaire (LAGATU et MAUME, 1926-1927a, 1927b-1938 ; CHAPMAN et GRAY, 1949 ; PREVOT, 1950 ; PREVOT et OLLAGNIER, 1954 ; BEAUFILS, 1958 ; BUSCH, 1956 ; MOLLE, 1957 ; LOUE, 1958, etc.) a établi que la composition minérale foliaire rend compte d'une façon valable de l'état minéral de la plante, c'est sur les feuilles qu'a porté cette étude.

CHOIX DES FEUILLES

Compte tenu de la morphologie du caféier *Excelsa* et de la position des fructifications, il faut négliger d'une part les feuilles des rameaux de la base qui s'allongent sans porter de fruits, et d'autre part les feuilles des rameaux du sommet, qui risquent d'avoir un rôle plutôt dans la croissance en hauteur que dans la mise à fruit. Il reste donc les feuilles des ramifications principales de la tige situées sur les deux quart moyens de la hauteur de l'arbre.

Dans le cas de monocalie l'aspect identique au point de vue dimensions, fructifications et feuillage, des rameaux primaires et des rameaux secondaires âgés, conduit à prélever les échantillons foliaires indifféremment sur les uns ou sur les autres de ces rameaux que l'on appellera rameaux principaux (fig. 1 a). Précisons qu'une ramification du premier ordre peut émettre tous les ans une, deux ou trois paires de rameaux du deuxième ordre.

Sur ces rameaux principaux on comparera trois catégories de feuilles : les feuilles de rang deux (*F2p*), de rang trois (*F3p*) et de rang quatre (*F4p*). Le rang est décompté à partir de l'extrémité libre du rameau (fig. 1b). Rappelons que sur un rameau, le bois de l'année en cours, encore vert en grande partie, porte les feuilles ; les fructifications se produisent principalement sur le bois de l'année précédente, le bois des années passées porte aussi des glomérules en nombre variable. Sur le bois vert des rameaux principaux apparaissent de jeunes ramifications à l'aisselle des troisième, quatrième ou cinquième feuilles. En octobre, période des prélèvements pour cette étude, il existe en général trois ou quatre paires de feuilles sur ces jeunes ramifications, la feuille de rang trois, désignée par le signe *F3s*, sera comparée aux trois catégories de feuilles déjà retenues (fig. 1c).

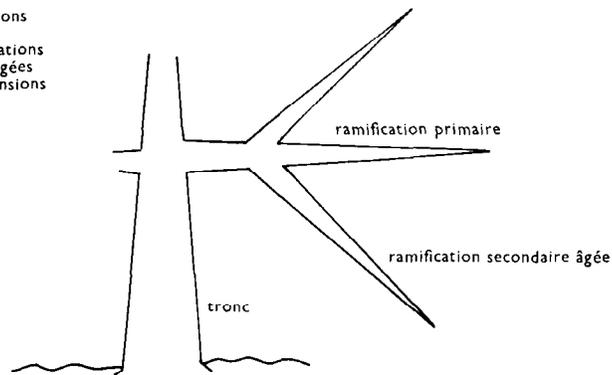
VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION MINÉRALE FOLIAIRE ENTRE PARCELLES ÉLÉMENTAIRES RÉALISÉES SUR UNE PLANTATION HOMOGENE D'UN HECTARE

Conditions et schéma expérimentaux.

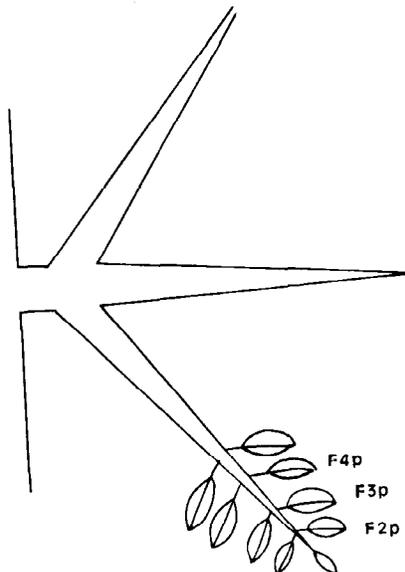
Les prélèvements eurent lieu, à raison de deux feuilles de chaque catégorie par

(1) Le mot espèce est utilisé dans un sens très large pour la facilité de l'exposé : le caféier « *Excelsa* » est considéré, en réalité, comme une race de l'espèce *Coffea Dewevrei*.

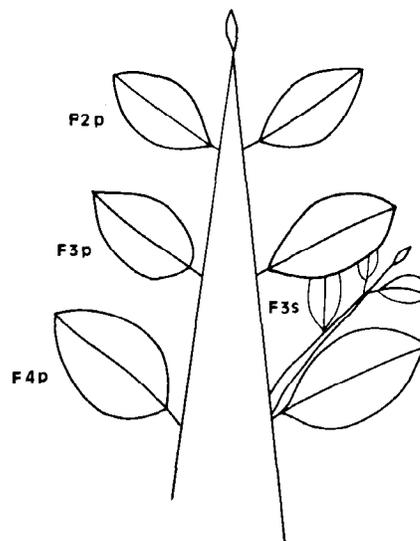
a) Les ramifications primaires et les ramifications secondaires âgées ont des dimensions comparables.



b) Positions des feuilles étudiées sur les ramifications principales



c) Position de la feuille F3s



F2p = Feuille de rang deux des rameaux principaux.
 F3p = Feuille de rang trois des rameaux principaux.
 F4p = Feuille de rang quatre des rameaux principaux.
 F3s = Feuille de rang trois des rameaux secondaires.

FIG. 1. — Position sur les rameaux des feuilles étudiées.

arbre, sur une plantation homogène d'un hectare située à Boukoko (Centre de Recherches Agronomiques de R.C.A.). Agée de cinq ans, cette plantation provenait de semences sélectionnées, distribuées par le Centre. Les récoltes obtenues se situent à 60 kg, 250 kg et 1 100 kg pour les 4^e, 5^e et 6^e années.

Etant donné les distances de plantation et l'existence de lignes neutres, la détermination de la variabilité a été effectuée sur onze parcelles élémentaires de vingt caféiers

en ligne, soit, pour chaque catégorie de feuilles, sur onze échantillons de quarante feuilles. Les onze parcelles élémentaires sont semblables par l'origine des « seedlings », la conduite culturale des plants, le travail, la couverture végétale et la nature du sol.

A côté des teneurs en éléments minéraux majeurs, exprimés en % de la masse de matière sèche, les mesures concernent aussi le poids frais d'une feuille, la teneur en cendres, les rapports et sommes entre éléments minéraux.

Variabilité naturelle.

Percevoir l'importance de la variabilité naturelle revient à connaître la différence maximale que l'on peut constater entre parcelles élémentaires homologues, avant tout traitement différentiel.

Une évaluation satisfaisante de cette différence est obtenue, en première approxi-

TABLEAU I

Variabilité naturelle de la composition minérale foliaire chez le caféier *Excelsa*.
Déterminations réalisées à partir de onze parcelles élémentaires de vingt caféciers.
(Prélèvement de deux feuilles par arbre.)

	F2p			F3p			F4p			F3s		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
P.F. d'une feuille (en g)	5,27	19,8	6,3	5,01	17,8	5,6	5,72	16,2	5,2	3,75	18,4	5,8
Cendres % M. S.	7,70	6,1	1,9	8,16	10,2	3,2	8,19	13,1	4,1	8,21	9,0	2,8
N % M. S.	2,24	11,9	3,8	2,00	13,9	4,4	2,02	8,8	2,8	2,04	13,3	4,2
P % M. S.	0,12	9,6	3,0	0,10	11,9	3,8	0,10	11,3	3,6	0,10	12,3	3,9
K % M. S.	1,62	13,3	4,2	1,50	11,7	3,7	1,55	14,5	4,6	1,48	16,6	3,3
Ca % M. S.	1,67	15,0	4,7	1,92	12,7	4,0	1,94	14,1	4,5	1,97	12,0	3,8
Mg % M. S.	0,25	15,5	4,9	0,28	13,8	4,1	0,29	14,1	4,5	0,30	9,0	3,8

a = Moyenne \bar{x} des onze mesures.

b = Demi-intervalle de confiance d'une mesure x_1 en % de \bar{x} , ($P = 0,05$) = mesure de la variabilité naturelle.

c = Demi-intervalle de confiance de la moyenne \bar{x} en % de \bar{x} , ($P = 0,05$) = autre expression de la variabilité naturelle et mesure de la précision de l'information acquise sur l'état minéral de la plantation à partir de onze parcelles élémentaires.

mation, en calculant le demi-intervalle de confiance d'une mesure x_i , à partir des mesures réalisées sur les onze parcelles élémentaires du schéma expérimental. Pour une étude plus approfondie, on aurait pu envisager d'utiliser le demi-intervalle de tolérance (DIXON et MASSEY, 1957).

Afin de procéder à la comparaison entre les divers éléments minéraux et entre les diverses catégories de feuilles, on exprimera le demi-intervalle de confiance d'une mesure x_i en % de la valeur moyenne \bar{x} des onze mesures (Tableau I, colonne b).

Si l'on prend comme exemple concret les teneurs en azote des feuilles de rang trois (*F3p*) (Tableau I, colonnes *a* et *b*) on constate, avec une probabilité de 95 %, que la valeur représentant une parcelle élémentaire ne peut s'écarter de la valeur moyenne de plus de 13,9 %. Cet intervalle diminuera en valeur absolue si au lieu de comparer entre elles des parcelles élémentaires on compare entre eux des ensembles de parcelles élémentaires.

La variabilité apparaît comme la plus élevée dans le cas du poids frais et la plus faible pour les teneurs en cendres. Elle reste souvent moins importante pour les anions que pour les cations. Aucune catégorie de feuilles ne présente une variabilité inférieure à celle des autres catégories pour tous les éléments. On remarque que plus la teneur est faible pour un élément donné, plus la variabilité correspondante est élevée : c'est le cas dans les feuilles *F2p* en ce qui concerne Ca et Mg, dans les feuilles *F3s* pour K.

Cette tentative d'évaluer la variabilité naturelle du caféier *Excelsa* ne prend sa valeur que si la plantation est réellement homogène : la vérification de cette homogénéité a été effectuée, comme il apparaîtra plus loin.

Connaissance de l'état minéral d'une plantation homogène.

La précision de cette connaissance dépend de la variabilité naturelle de l'espèce et du nombre d'arbres à partir duquel ont été constitués l'échantillon ou les échantillons foliaires. Ainsi, la teneur en azote des feuilles *F3p* ne sera connue qu'à 13,9 % près à partir d'un échantillon de 40 feuilles prélevées sur vingt arbres ; mais elle sera connue à 4,4 % près à partir de onze échantillons identiques au précédent, ou d'un échantillon de 440 feuilles prélevées sur 220 arbres.

Dans cette expérience, c'est en effet le demi-intervalle de confiance de la moyenne \bar{x} exprimé en % de cette moyenne qui rend compte de cette précision (Tableau I, colonne c). Ce demi-intervalle de confiance de la moyenne de onze mesures constitue une autre façon de percevoir la variabilité naturelle de l'espèce (fig. 2).

Pour les divers éléments minéraux la précision obtenue varie entre 3,5 et 4,5 % de la moyenne. Meilleure pour les cendres, elle est moins bonne pour le poids frais. Les valeurs relatives aux diverses catégories de feuilles restent comparables.

Indications préliminaires sur le choix de la feuille pouvant servir au diagnostic foliaire.

Les feuilles les plus jeunes (*F2p*), avec la variabilité la plus grande pour Ca et Mg, ainsi que les feuilles *F3s*, moins développées, à croissance ralentie et à variabilité élevée pour P et K, ne semblent pas devoir être retenues pour le diagnostic foliaire.

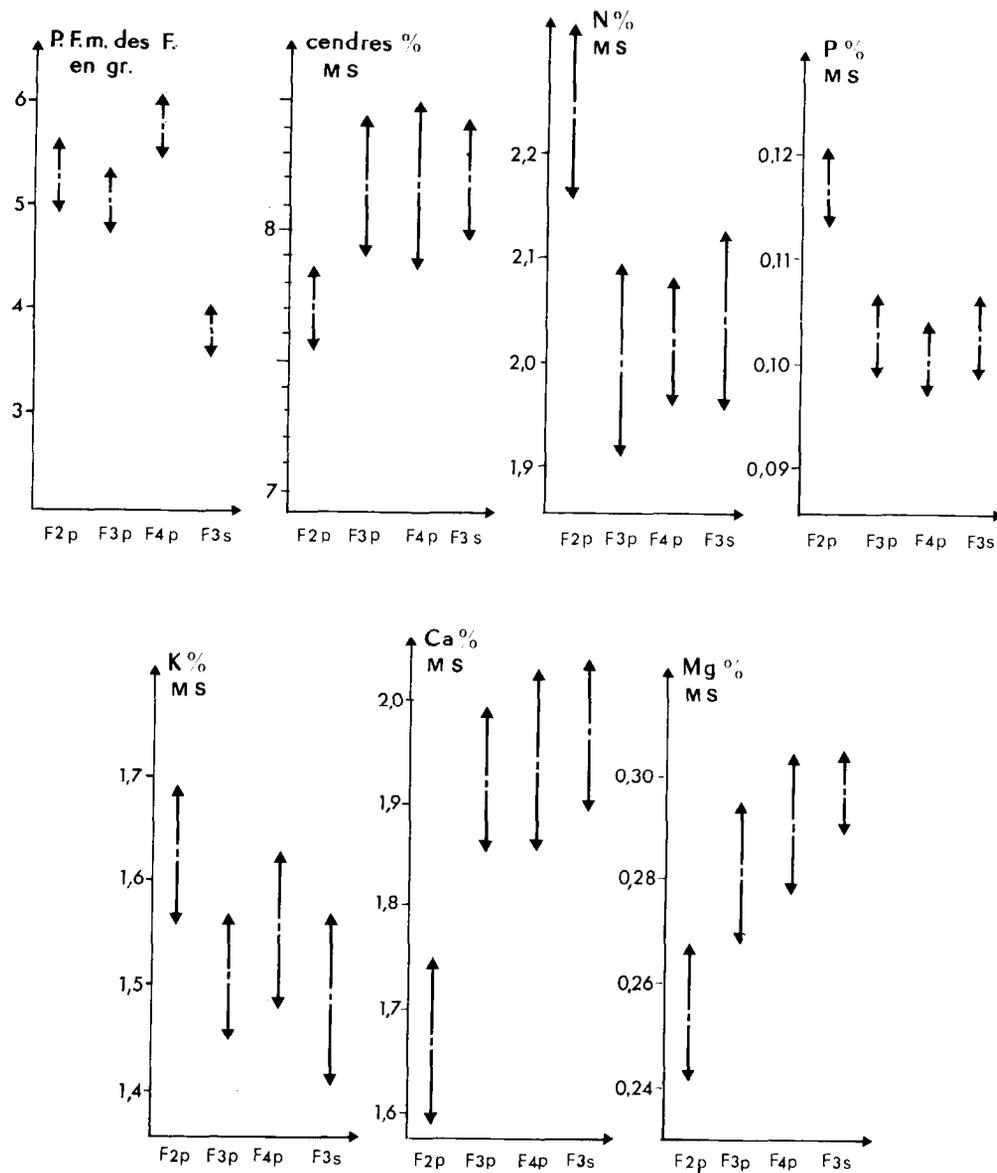


FIG. 2. — Variabilité naturelle de la composition minérale foliaire chez le caféier *Excelsa*. Teneurs en éléments minéraux principaux. (Intervalle de confiance de la moyenne pour onze mesures correspondant à onze parcelles élémentaires.)

Etat physiologique des différentes catégories de feuilles.

Les niveaux des teneurs en éléments minéraux caractérisent l'état physiologique plus ou moins « jeune » des feuilles. Les teneurs sont plus élevées (Tableau I, colonnes *a* et fig. 2) :

- pour N, P et K dans les feuilles jeunes,
- pour Mg et Ca dans les feuilles plus adultes ou séniles.

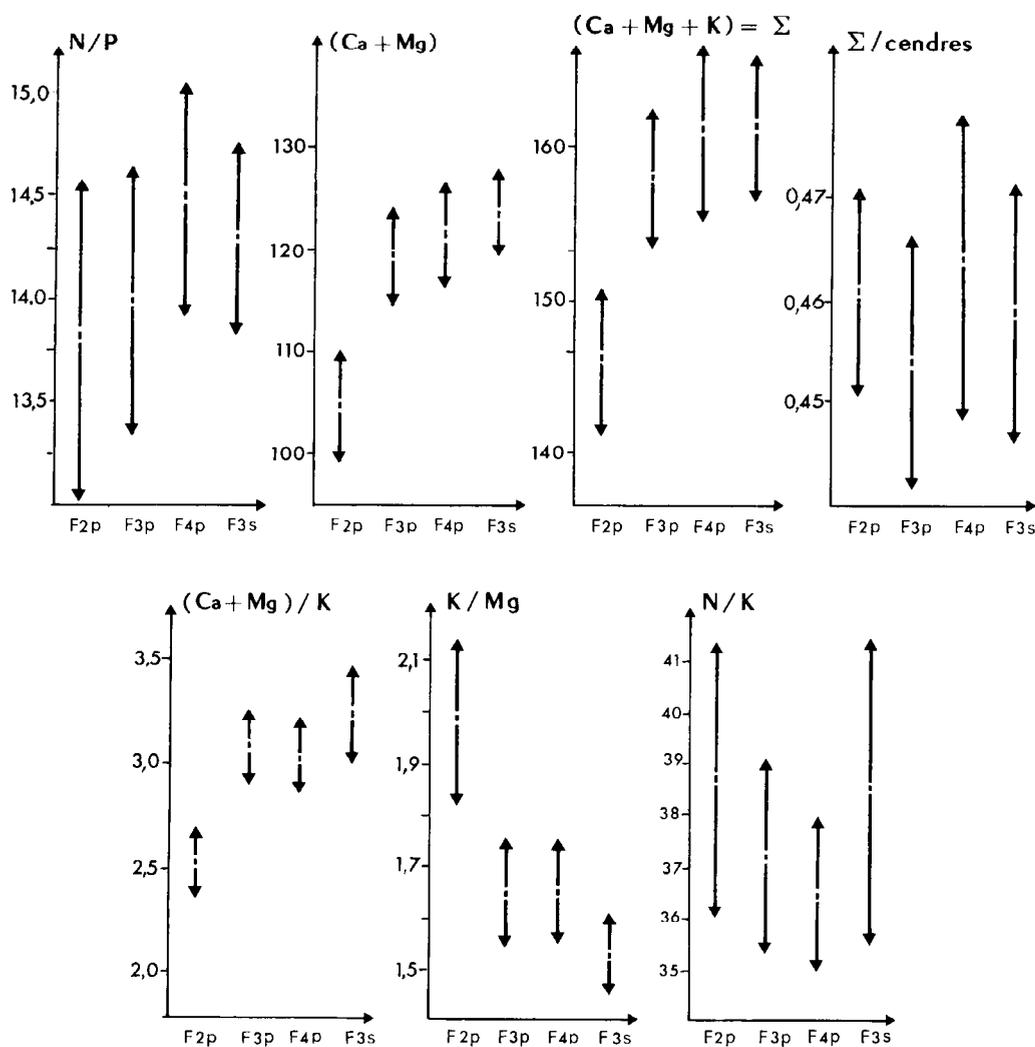


FIG. 3. — Variabilité naturelle de la composition minérale foliaire chez le caféier *Excelsa*. Sommes et rapports entre éléments minéraux. (Intervalle de confiance de la moyenne pour onze mesures correspondant à onze parcelles élémentaires.)

L'examen des valeurs moyennes (\bar{x}) montre que dans cette expérience, l'équilibre minéral des *F2p*, feuilles les moins âgées, correspond bien à un état physiologique plus juvénile que ceux des autres catégories. Mais il fait surtout apparaître que les *F3p* et *F4p* sont physiologiquement très proches les unes des autres : il n'y a pas de différences significatives entre elles. Les feuilles de rang trois des rameaux secondaires (*F3s*) pèsent significativement moins que les feuilles des rameaux principaux : en octobre, leur croissance semble déjà arrêtée. Bien que de dimensions et de poids inférieurs à ceux des *F2p*, elles affichent, à travers les teneurs en éléments minéraux, un état physiologique moins juvénile et comparable à celui des feuilles *F3p* et *F4p*.

Sommes et rapports entre éléments minéraux (Fig. 3).

Les teneurs sont exprimées ici en milliéquivalents pour 100 grammes de matière sèche, sauf pour le rapport (Ca + Mg + K)/(cendres) exprimé en poids. (Tabl. II)

La somme (Ca + Mg), comme chacun de ses deux termes, est moins élevée dans les feuilles les plus jeunes (F2p). La variabilité est comparable à celle de Ca et de Mg. Il en est de même pour la somme (Ca + Mg + K), avec des variabilités inférieures.

Le rapport (Ca + Mg + K)/(cendres) présente une certaine constance dans les diverses catégories de feuilles et une variabilité relativement limitée.

TABLEAU II

Variabilité de la composition minérale foliaire entre parcelles élémentaires.
Rapports et sommes entre éléments minéraux

	N/P (1)				N/K (1)				(Ca + Mg) (1)			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
F2p	13,8	18,0	8,1	5,7	3,87	21,4	9,6	6,8	105	14,4	6,5	4,5
F3p	14,0	14,5	6,5	4,6	3,72	15,4	6,9	4,9	120	10,9	4,4	3,1
F4p	14,5	12,4	5,6	3,9	3,64	11,8	5,3	4,3	121	12,5	5,6	4,0
F3s	14,3	9,9	4,5	3,1	3,85	23,8	10,7	7,5	134	9,6	4,3	3,0
	(Ca + Mg + K) (1)				(Ca + Mg + K)/ cendres				(Ca + Mg)/K (1)			
	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
F2p	146	10,0	4,5	3,2	0,46	7,2	3,2	2,3	2,52	21,5	9,7	6,8
F3p	158	8,6	3,9	2,7	0,45	8,4	3,8	2,7	3,10	17,7	7,9	5,6
F4p	161	10,9	4,9	3,5	0,46	10,2	4,6	3,2	3,05	16,9	7,6	5,3
F3s	162	7,7	3,5	2,4	0,46	8,2	3,7	2,6	3,25	21,8	9,8	6,9
	K/Mg (1)											
	a	b	c	d								
F2p	1,98	24,5	11,0	7,7								
F3p	1,65	19,8	8,9	6,3								
F4p	1,65	17,9	8,1	5,7								
F3s	1,53	15,4	6,9	4,9								

a = Moyenne des onze mesures \bar{x} .
b = 1/2 intervalle de confiance d'une détermination x_i exprimé en % de \bar{x} .
c = Coefficient de variabilité CV = $(100\sigma_i/\bar{x})$.
d = 1/2 intervalle de confiance de la moyenne des onze mesures en % de \bar{x} .
 (1) Les teneurs en éléments minéraux ont été exprimés ici en milliéquivalents pour 100 g de matière sèche.

Les rapports (Ca + Mg)/K et K/Mg varient à l'inverse l'un de l'autre : le premier

est plus faible et le second plus élevé dans les feuilles jeunes *F2p*. Les variabilités restent importantes.

Les rapports N/P et N/K montrent chacun des valeurs du même ordre dans les diverses séries de feuilles ; en effet, les éléments intervenant deux à deux dans ces rapports évoluent de façon identique. Comme pour les rapports précédents, les variabilités dépassent celles de chacun des termes considérés.

VÉRIFICATION DE L'HOMOGENÉITÉ DE LA PLANTATION. VARIABILITÉ DE LA COMPOSITION MINÉRALE FOLIAIRE ENTRE PRÉLÈVEMENTS HOMOLOGUES SUR UNE MEME PARCELLE ÉLÉMENTAIRE. COMPARAISON AVEC LES RÉSULTATS PRÉCÉDENTS

La variabilité naturelle de la composition minérale foliaire peut être perçue en analysant plusieurs séries de feuilles de même position, chaque série correspondant à un certain nombre d'arbres choisis au hasard sur une plantation représentative de l'espèce considérée. Elle peut aussi, si le sol de cette plantation est homogène et les conditions culturales identiques, être connue par l'analyse de plusieurs séries de feuilles homologues correspondant chacune à une parcelle élémentaire de cette plantation. Cette façon de procéder, moins rigoureuse que la précédente, présente l'avantage de mieux se rapprocher des conditions réelles d'un essai d'engrais. C'est sur ce modèle que les résultats précédents ont été acquis, mais il est possible d'obtenir une autre approximation de cette variabilité spécifique en comparant les résultats de prélèvements homologues effectués sur la même parcelle élémentaire. Ces différentes approximations de la variabilité devraient être du même ordre pour une catégorie de feuilles donnée : c'est ce que j'ai voulu vérifier ci-après.

Conditions expérimentales.

Les prélèvements furent réalisés en respectant les normes habituelles, sur la même plantation que précédemment, toujours au mois d'octobre, mais deux ans après. Une parcelle élémentaire a été choisie au hasard, elle comportait 19 caféiers. Les onze échantillons comprenaient donc chacun 38 feuilles. Il s'agissait de la feuille de rang 3 sur les rameaux principaux (*F3p*).

Résultats.

Par rapport aux résultats concernant la feuille *F3p* des prélèvements précédents, on remarque que le poids frais, les teneurs en cendres, N, P, K sont un peu plus élevés ici, les teneurs en Mg étant plus faibles et les teneurs en Ca pratiquement stationnaires. Les feuilles *F3p* paraissent physiologiquement un peu moins âgées que deux ans auparavant (Tableau III).

Comparaison des variances des deux séries de résultats. Critérium F.

Pour chacune des analyses et mesures effectuées sur les feuilles *F3p*, on dispose de la variance calculée entre prélèvements sur des parcelles élémentaires différentes et de

TABLEAU III

Variabilité de la composition minérale foliaire entre onze prélèvements homologues réalisés sur une même parcelle élémentaire. Feuille F3p

	P. F.	Cendres	N	P	K	Ca	Mg
a	4,12	7,87	2,11	0,106	1,59	1,94	0,273
b	21,3	12,2	17,1	12,7	17,2	14,4	12,1
c	9,6	5,5	7,7	5,5	7,7	6,5	5,4
d	6,8	3,8	5,4	4,5	6,3	4,6	3,8

(Pour la légende, voir tableau II.)

la variance entre prélèvements homologues sur une même parcelle. En aucun cas le rapport de la variance la plus élevée sur la variance la moins élevée n'atteint une valeur supérieure au seuil du critérium F de SNEDECOR (1934-1946). Les deux variances ne présentent donc pas de différences significatives, ce qui est compatible avec l'hypothèse de l'homogénéité de la plantation et montre que les deux approximations de la variabilité, obtenues ci-dessus, rendent suffisamment compte de la réalité (Tableaux I, III et IV).

TABLEAU IV

Comparaison des variances des feuilles F3p

1	P. F.	Cendres % M. S.	N % M. S.	P % M. S.	K % M. S.	Ca % M. S.	Mg % M. S.
2	0,15970	0,14028	0,01571	0,0000304	0,00630	0,01209	0,0003055
3	0,15601	0,18442	0,02631	0,00003462	0,01525	0,01581	0,0002186
4	1,0236	1,3146	1,6747	1,1388	2,4206	1,3076	1,3975
5	2,97	2,97	2,97	3,07	3,07	2,97	2,97

1. — Mesure ou dosage.
2. — Variance pour les onze parcelles élémentaires.
3. — Variance pour les onze prélèvements sur la même parcelle élémentaire.
4. — Valeur calculée de F : variance la plus élevée / variance la moins élevée.
5. — Valeur théorique du critérium F.

CONSTITUTION D'UN ÉCHANTILLON
RENDANT COMPTE DE L'ÉTAT MINÉRAL
D'UNE PLANTATION HOMOGENE D'UN HECTARE

Connaissant l'écart-type pour onze échantillons de quarante feuilles, prélevées sur vingt arbres, il est possible de calculer quel aurait été le demi-intervalle de confiance d'une mesure x_i , exprimée en % de la valeur moyenne \bar{x} , si chaque échantillon avait comporté 100 feuilles prélevées sur 50 arbres, ou 80 feuilles prélevées sur 40 arbres. Pour la teneur en calcium des feuilles *F3p*, par exemple, on sait que onze échantillons de quarante feuilles permettent de connaître cette teneur avec une précision de $\pm 4\%$; on sait aussi qu'un seul échantillon de quarante feuilles donnera une approximation qui ne sera exacte qu'à $\pm 12,7\%$ seulement (Tableau I, colonne *b*); l'application du calcul évoqué ci-dessus indique que la précision sera de $\pm 8,1\%$ pour un seul échantillon de 100 feuilles (50 arbres) et de $\pm 9\%$ pour un échantillon de 80 feuilles (40 arbres), (Tableau V).

De l'examen de l'ensemble des résultats du Tableau V, on doit retenir que dans le cas d'une plantation homogène d'un hectare de caféiers *Excelsa*, la variation des teneurs foliaires en éléments minéraux, exprimée par le demi-intervalle de confiance d'une mesure individuelle x_i , serait de l'ordre de $\pm 10\%$ de la moyenne, avec des échantillons foliaires prélevés sur 40 arbres à raison de deux feuilles par arbre.

A la suite de ce travail, j'ai admis que pour rendre compte de l'état minéral d'une plantation d'un hectare de caféiers *Excelsa*, issus de semences sélectionnées provenant du C.R.A. de Boukoko, un prélèvement de 80 feuilles sur 40 arbres, pris au hasard sur la plantation, serait suffisant.

On peut aussi calculer le nombre de feuilles que devrait comporter un prélèvement pour que le demi-intervalle de confiance d'une mesure x_i atteigne $\pm 5\%$ de la moyenne. Pour la feuille *F3p* il faudrait 200 à 300 feuilles soit 100 à 150 arbres.

DÉTERMINATION DU NOMBRE D'ARBRES
PAR PARCELLE ÉLÉMENTAIRE
ET DU NOMBRE DE RÉPÉTITIONS POUR UN ESSAI D'ENGRAIS

La variance totale d'un essai d'engrais se décompose en :

- variance due à l'effet traitement,
- variance due à l'effet bloc,
- variance de l'erreur expérimentale.

Si le sol de la plantation est homogène et si les parcelles élémentaires sont conduites de façon identique du point de vue cultural, la variance de l'effet « bloc » sera faible.

La variance de l'erreur expérimentale se compose en grande partie de la variance due à la variabilité naturelle de l'espèce.

Sur des sols dont le niveau de fertilité serait comparable à celui de cette expérience on peut estimer que la variance de l'erreur expérimentale d'un essai d'engrais correctement conduit serait du même ordre que la variance naturelle calculée ici.

TABLEAU V

Indications, obtenues à partir de onze parcelles élémentaires,
relatives à la constitution d'un échantillon foliaire
rendant compte de l'état minéral d'une plantation d'un hectare

	Rang de la feuille	Poids frais	Cendres	N	P	K	Ca	Mg
a	Demi-intervalle de confiance d'une détermination x_i , exprimée en % de la moyenne \bar{x} , pour des échantillons de 100 feuilles (50 arbres)							
	F2p	12,54	3,88	7,50	6,05	8,44	9,51	9,78
	F3p	11,24	6,46	8,80	7,57	7,42	8,06	8,74
	F4p	10,23	8,26	5,56	7,17	9,14	8,92	8,94
	F3s	11,66	5,64	8,41	7,80	10,55	7,59	5,69
b	Demi-intervalle de confiance d'une détermination x_i , exprimée en % de la moyenne \bar{x} , pour des échantillons de 80 feuilles (40 arbres)							
	F2p	14,02	4,33	8,38	6,77	9,43	10,63	10,93
	F3p	12,55	7,21	9,83	8,45	8,30	9,01	9,76
	F4p	11,43	9,23	6,22	8,00	10,22	9,97	10,00
	F3s	13,02	6,36	9,41	8,71	11,78	8,49	6,35
c	Nombre de feuilles nécessaires dans un prélèvement pour que le demi-intervalle de confiance atteigne 5 % de la moyenne (nombre d'arbres = nombre de feuilles divisé par 2)							
	F2p	625	60	225	146	284	361	383
	F3p	505	166	309	229	220	259	305
	F4p	419	272	124	205	331	318	320
	F3s	544	128	280	243	445	230	129

A partir de cette assimilation, un calcul statistique simple indiquera, à $P = 0,05$, le nombre n de répétitions nécessaires. En effet :

$$n = 2 \left(\frac{t \cdot CV}{d} \right)^2$$

Pour un essai comportant 4 traitements et 5 répétitions, par exemple, le nombre de degrés de liberté affectant la variance de l'erreur expérimentale sera supérieur à 10, on pourra prendre pour t la valeur de 2,2. Si l'on fixe la valeur de la plus petite différence significative d à 10% on aura :

$$n = 2 \left(\frac{2,2 \cdot CV}{10} \right)^2$$

Les coefficients de variations (CV), obtenus à partir de la variance naturelle déterminée ici, sont consignées dans le Tableau VI. Ils sont généralement inférieurs à 7%. Compte tenu de cette valeur limite le nombre de répétitions doit être égal à 5. La table donnée par MASSIBOT (1948) confirme ce résultat.

TABLEAU VI

Coefficients de variabilité (CV)

Rang de la feuille	Cendres	N	P	K	Ca	Mg
Variabilité entre parcelles élémentaires						
F2p	2,75	5,32	4,30	5,99	6,75	6,04
F3p	4,58	6,24	5,37	5,27	5,72	6,20
F4p	5,86	3,95	5,08	6,49	6,33	6,35
F3s	4,04	5,97	5,53	7,48	5,39	4,04
Variabilité entre prélèvements homologues						
F3p	5,45	7,68	5,51	7,73	6,50	5,41

Ainsi, pour percevoir des différences significatives entre traitements fertilisants, à travers les teneurs en éléments minéraux des feuilles, on devra appliquer ces traitements à raison de 5 répétitions sur des parcelles élémentaires de 20 arbres. Les prélèvements foliaires étant constitués de 2 feuilles par caféier. On pourra alors escompter que des différences entre teneurs moyennes supérieures à 10% de \bar{x} seront significatives. On peut par prudence porter le nombre de répétitions à 6 et le nombre de caféiers à 25 dans chaque parcelle élémentaire.

CONCLUSIONS

A la suite de cette étude, j'ai considéré qu'un essai d'engrais sur caféier *Excelsa*, pour être suivi utilement par la méthode du diagnostic foliaire devait comporter 5 à 6 répétitions, les parcelles élémentaires étant constituées par 20 à 25 caféiers et les échantillons foliaires formés par prélèvements de 2 feuilles par arbre. Pour augmenter la marge de sécurité ainsi obtenue on peut prélever 4 feuilles par arbre.

Par ailleurs, pour rendre compte de l'état minéral d'une plantation d'un hectare de caféiers *Excelsa*, issus de semences sélectionnées en provenance du C.R.A. de Boukoko, un prélèvement de 80 feuilles sur 40 arbres, pris au hasard, a été jugé satisfaisant.

BIBLIOGRAPHIE

- BEAUFILS (E. R.) — 1958 — Le diagnostic physiologique : I. Son utilisation comme méthode d'estimation des besoins des plantes en éléments nutritifs. *Rev. Gén. Caoutchouc*, n° 6, p. 769. — II. Conception des recherches et méthodologie. Etablissement de la méthode dans les plantations. *Rev. Gén. Caoutchouc*, n° 7, p. 922.
- BUSCH (J.) — 1956 — Etude de la nutrition minérale du caféier *Robusta* dans le Centre Oubangui. *Agron. trop.*, n° 4, juillet-août 1956, p. 416.
- CHAPMAN, GRAY — 1949 — Leaf analysis and the nutrition of the oil palm. *Annals Bot.*, 13, 52, p. 415.
- DIXON (W. J.), MASSEY (F. J., Jr.) — 1957 — Introduction to statistical analysis. Mc Graw-Hill book company, inc., New York, Toronto, London. (Table A 16, p. 436.)
- LAGATU, MAUME — 1926 — Diagnostic de l'alimentation du végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. *C. R. Acad. Sci.*, t. 182, p. 653.
- LAGATU, MAUME — 1927 (a) — Méthode de contrôle chimique du mode d'alimentation de la vigne. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, t. XII, p. 439.
- LAGATU, MAUME — 1927 (b) — Examen critique des conditions et des résultats du contrôle alimentaire de la vigne. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, t. XIII, p. 548.
- LAGATU, MAUME — 1938 — Sur la sensibilité du diagnostic foliaire pour déceler une absorption d'engrais par la vigne. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, n° 18, t. 24, p. 615
- LOUE (A.) — 1958 — La nutrition minérale du caféier *Robusta* et sa fertilisation en Côte d'Ivoire. *Fertilité*, n° 5, p. 25.
- MASSIBOT (J. A.) — 1948 — Notions sur les méthodes statistiques. Principes généraux de l'expérimentation scientifique. Application aux recherches de physique et de chimie agricoles, dans *Traité pratique de Chimie végétale*, t. I, par A. Brunel. Editions Georges Frères, Tourcoing.
- MOLLE (A.) — 1957 — L'alimentation minérale du caféier (*coffea canephora* Pierre). *Publ. I.N.E.A.C., sér. Scient.*, n° 69, 163 p.
- PREVOT (P.) — 1950 — Croissance, développement et nutrition minérale de l'arachide. *I.R.H.O., sér. Scient.*, n° 4.
- PREVOT (P.), OLLAGNIER (M.) — 1954 — Diagnostic foliaire du palmier à huile et de l'arachide. Analyse des plantes et problèmes des engrais minéraux. *I.R.H.O.*, p. 239.
- SNEDECOR (G. W.) — 1934 — Calculation and Interpretation of analysis of variance and covariance. Collegiate Press, Ames, Iowa, USA.
- SNEDECOR (G. W.) — 1946 — Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. Collegiate Press, Ames, Iowa, USA.