

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE - MER

**CENTRE O.R.S.T.O.M.  
DE  
COTONOU**

LE NIVEAU CRITIQUE EN MATIÈRE  
DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE CHEZ LE MAÏS

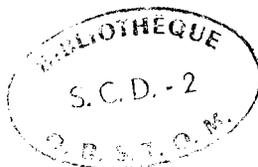
--O--O--O--O--O--



CENTRE DE COTONOU

LE NIVEAU CRITIQUE EN MATIERE  
DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE CHEZ LE MAÏS

-O-O-O-O-O-



21 OCT. 1968 E. D A G B A  
Juin 1968

8433cx1

## R E S U M E

Sur quatre essais en culture sans sol dont trois nous ont fourni des symptômes visuels de carence en N et K, nous avons déterminé les normes du diagnostic foliaire notamment pour N, S et K. Les indications obtenues ont été recoupées par le prélèvement foliaire de 259 champs de paysans répartis dans tout le Sud-Dahomey. Il ressort de cette étude que les normes du diagnostic foliaire doivent être définies non seulement par la teneur d'un élément en % du poids sec, mais aussi par le poids sec de la feuille prélevée.

Ainsi un poids sec d'un échantillon de 24 moitiés longitudinales de la feuille de l'épi principal prélevé au stade de plein épanouissement des soies indique :

- s'il est inférieur à 12g, une carence
- s'il est compris entre 12 et 24g, une déficience
- s'il est supérieur à 24g, une nutrition minérale acceptable.

Ainsi pour les teneurs en éléments minéraux,

- 2,09-2,65 % N indique une carence ; 2,70-3,60 % N, une déficience et 4,10-4,30 % N, le niveau critique en N.
- 0,172-0,202 % S indique une carence ; 0,203-0,270 % S, une déficience et 0,340-0,370 % S, le niveau critique en S.
- 0,40-0,70 % K indique une carence ; 0,71-1,90 % K une déficience et 1,91-2,20 % K, le niveau critique en K.
- 0,241-0,295 % P indique ,semble-t-il, une carence ; 0,450-0,490 %, un niveau critique en P.

Enfin, à partir des données obtenues en champs de paysans, nous avons proposé une méthode d'évaluation des besoins en fumure minérale (proportions relatives entre éléments et dose d'engrais) d'un champ, compte tenu des teneurs foliaires en éléments minéraux de ses pieds de maïs.

Le niveau critique d'un élément est "son pourcentage sur le poids sec d'un échantillon de feuilles convenablement choisies, au-dessus duquel on ne peut plus espérer une augmentation de rendement sensible si l'on applique cet élément comme fumure"(4,1956). On parle de niveau critique "physiologique" atteint pour la concentration du milieu radiculaire correspondant au début du "palier" de la courbe de MITSCHERLICH et du niveau critique pratique qui tient compte de la rentabilité de l'apport d'un élément nutritif. Selon BENNETT, le niveau critique pratique correspond au taux de l'élément qui entraîne 95 % de la production maximale prévue par la courbe de MITSCHERLICH.

Ce maximum de la courbe de MITSCHERLICH dépend, pour un élément donné, de la concentration des autres éléments dans le milieu (6,1958). Cette réserve faite, le niveau critique joue un rôle important en diagnostic foliaire par le fait qu'il permet de savoir si l'apport de tel élément minéral peut améliorer le rendement. Toutefois, il arrive que la teneur en % du poids sec d'un élément ne suffise pas à elle seule, pour déterminer le niveau critique (5,1966). Nous avons dès lors envisager de définir le niveau critique d'un élément par sa teneur en % du poids sec, par le poids sec de la feuille et éventuellement par la quantité totale des 6 macro-éléments dans la feuille (18).

L'étude du niveau critique du maïs que nous envisageons ici se fera en culture sans sol et en champ.

## I- ESSAIS EN CULTURE SANS SOL

Quatre essais en culture sans sol ont été réalisés en 1967 dans le but de définir les niveaux critiques de certains éléments. Le dispositif expérimental et l'interprétation des données ont été exposés antérieurement (20). Abordons un à un ces essais.

---

(5) : pages 59 -63

(18): pages 6-7

FIG. 1. Teneur en N dans la  
feuille en fonction du rang  
de la feuille. (Essai CSA 1964)

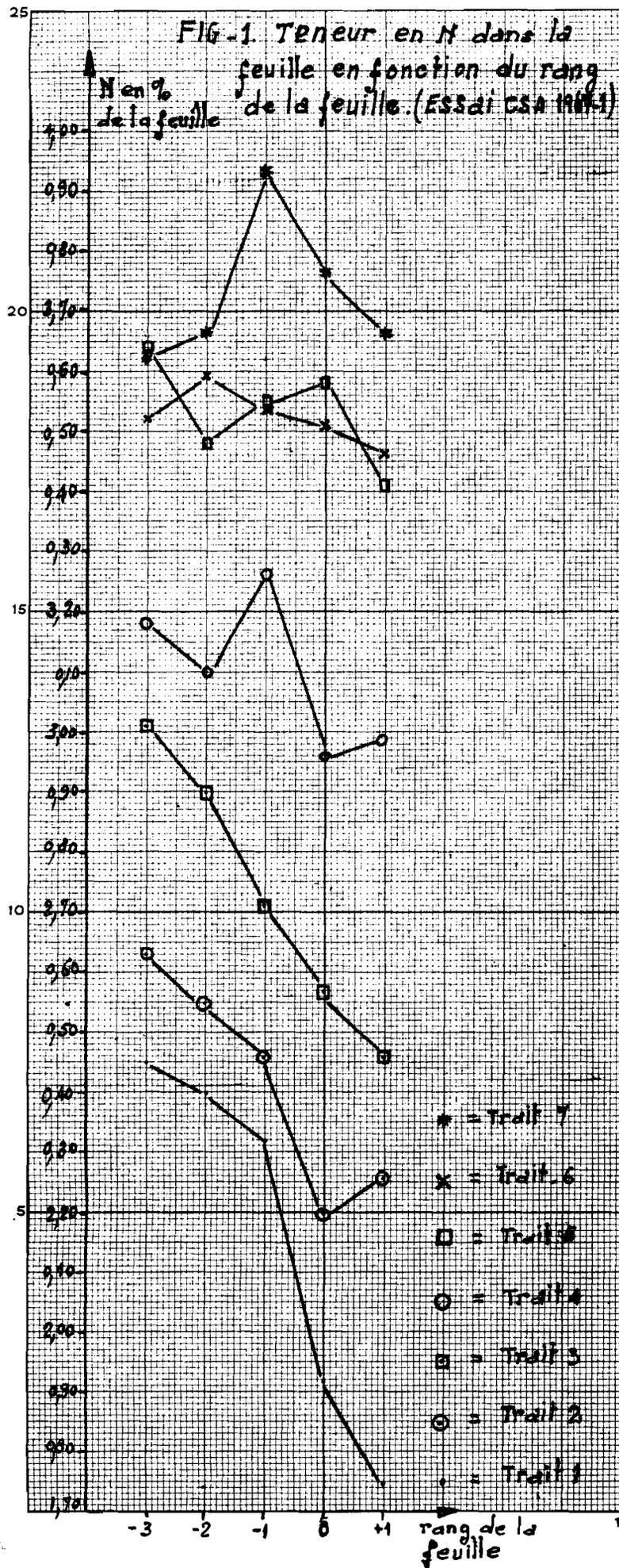
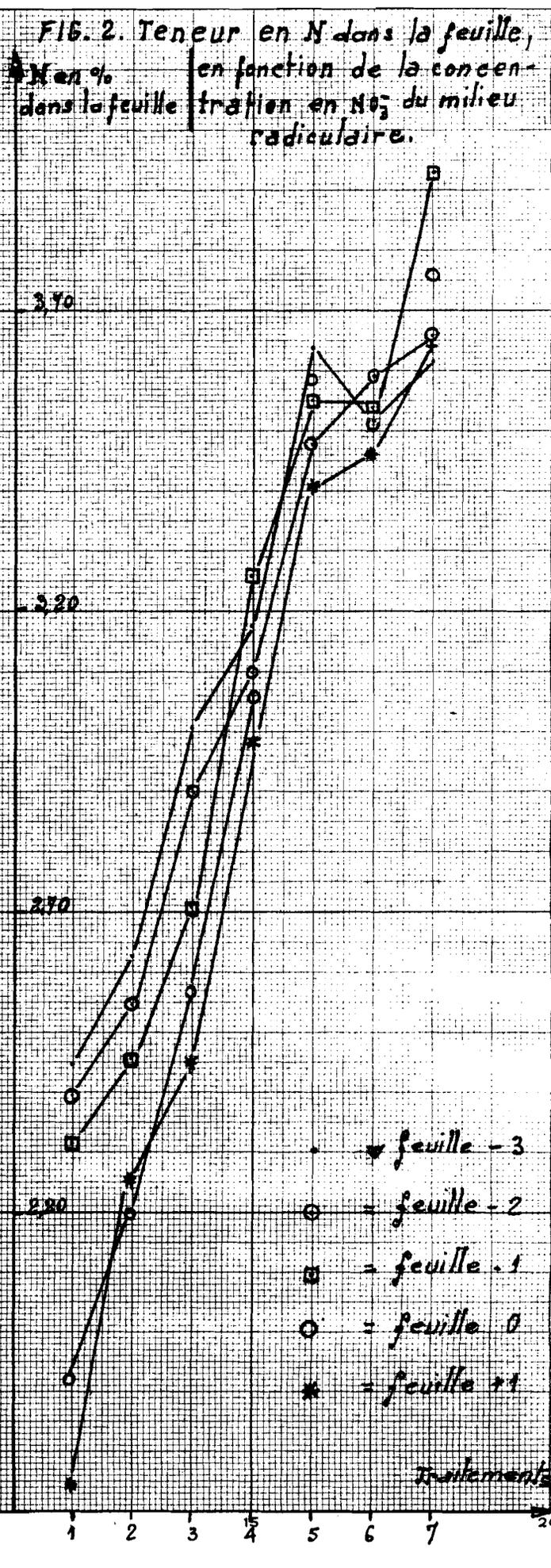


FIG. 2. Teneur en N dans la feuille,  
N en % dans la feuille en fonction de la concen-  
tration en  $\text{NO}_2$  du milieu  
radiculaire.



A. Essai CSA 1967.1.

1. But. Il s'agit d'étudier, au stade de plein épanouissement des soies, les teneurs en éléments minéraux de plusieurs rangs de feuilles en fonction de la concentration du milieu radicaire, de façon à déterminer, pour un élément minéral donné, la feuille à prélever et le niveau critique.

2. Interprétation chimique.

1°) Feuilles à prélever pour le diagnostic foliaire.

a) Azote : N en % du poids sec (tableau I).

La figure 2 montre que les feuilles 0 et + 1 sont les plus sensibles ; entre les deux, la plus sensible semble être la feuille 0. On peut donc prélever la feuille de l'épi principal au stade de plein épanouissement des soies pour l'étude de l'azote.

Le problème peut être envisagé autrement. En effet, lorsqu'on fait varier le rang de la feuille (fig. 1 et tableau I), on constate que les teneurs en N de la feuille se répartissent suivant trois tendances : pour les concentrations faibles (traitements 1 à 3 inclus), la teneur en N décroît des feuilles les plus hautes vers les plus basses ; pour les concentrations fortes (traitement 7), la teneur en N est maximale dans la feuille -1 ; enfin pour les concentrations intermédiaires (traitement 4 à 6), la teneur en N oscille entre les tendances des concentrations fortes et faibles. Dès lors, on peut prélever et doser les feuilles -3 et -1 puis décider selon le critère suivant :

si  $\Delta_{(-1)-(-3)} < 0$  : plante carencée en N

si  $\Delta_{(-1)-(-3)} \neq 0$  : plante déficiente en N

si  $\Delta_{(-1)-(-3)} > 0$  : plante bien nourrie

Cette méthode est moins précise et plus longue que la première ; en outre elle demande encore à être confirmée. En attendant, nous allons nous en tenir au prélèvement de la feuille de l'épi principal pour l'étude de l'azote.

FIG. 5. Teneur en K dans la feuille en fonction du rang de la feuille (Essai CSA 1967-1)

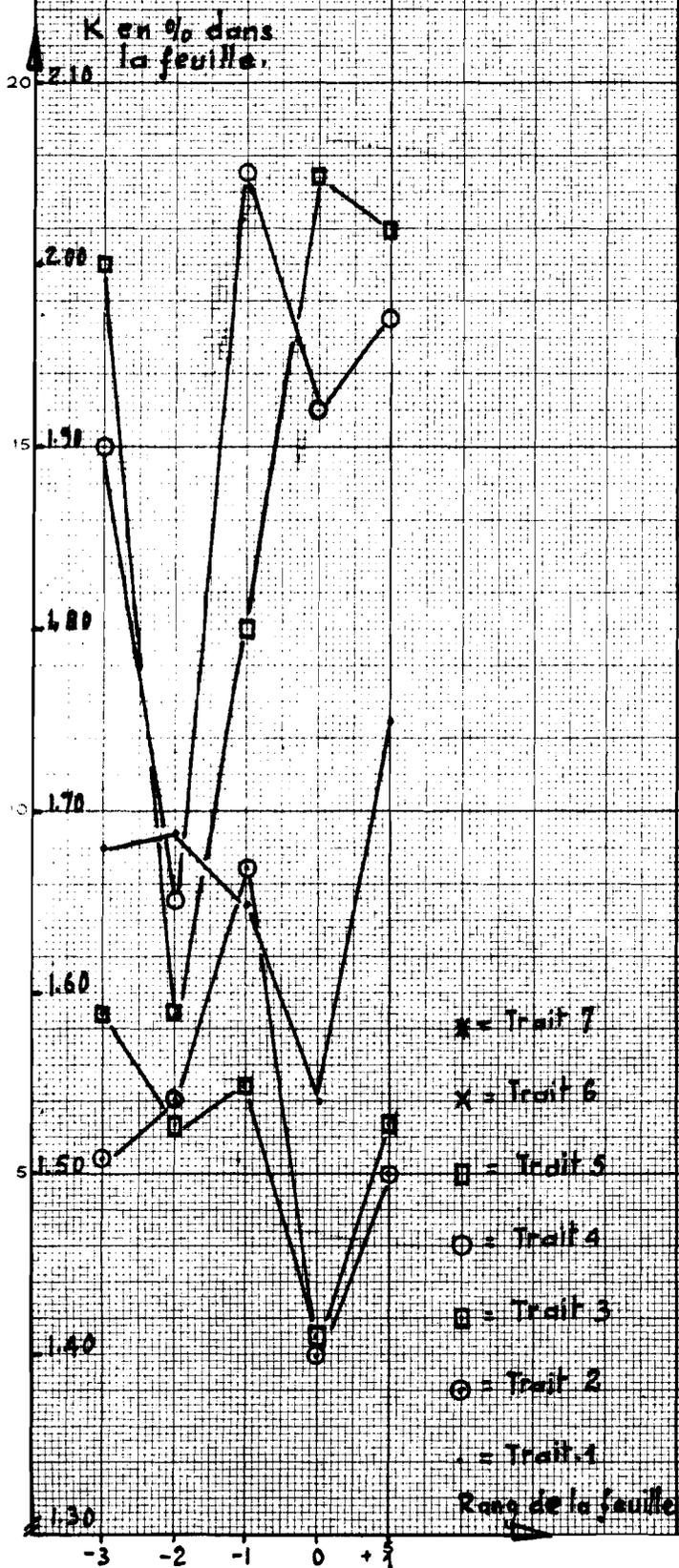
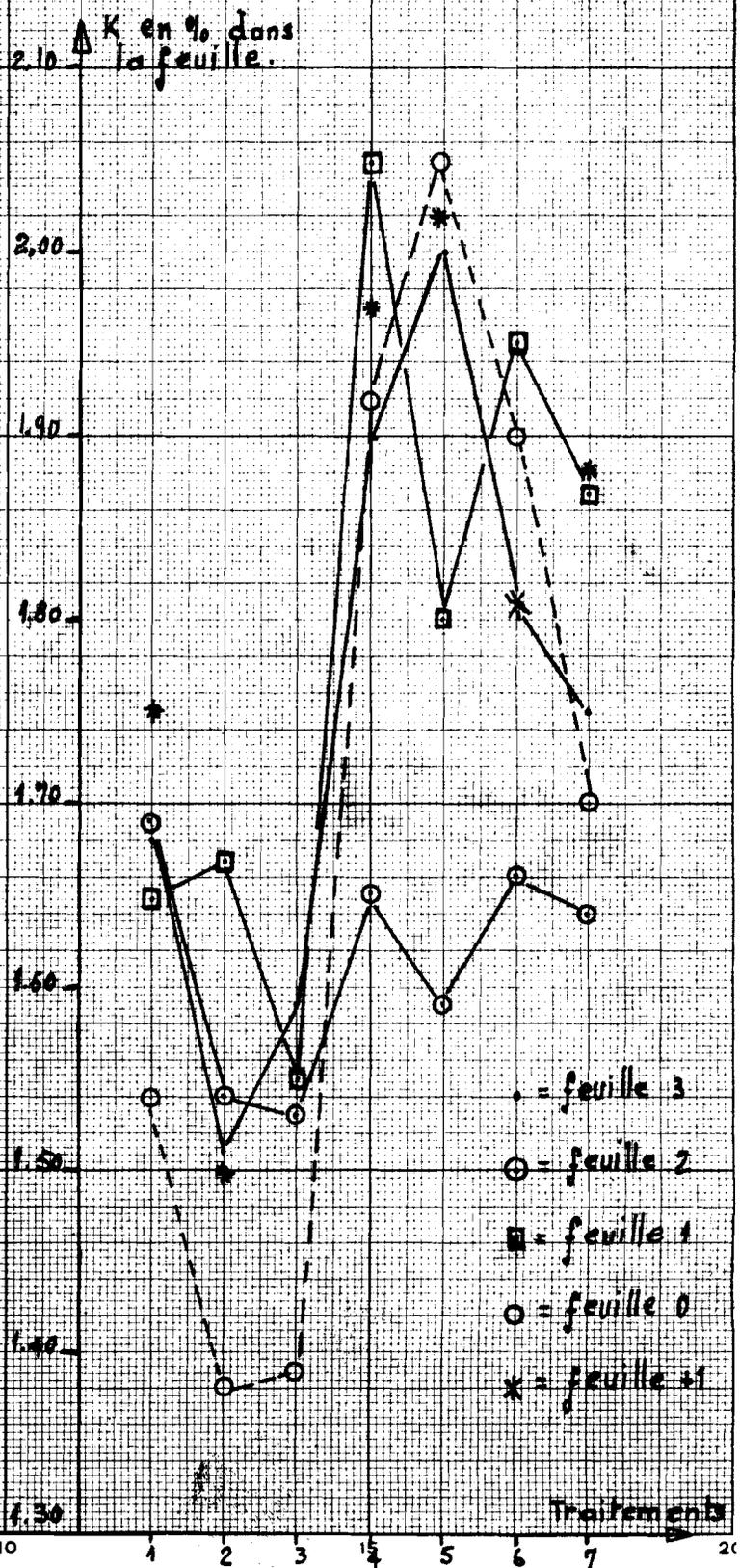
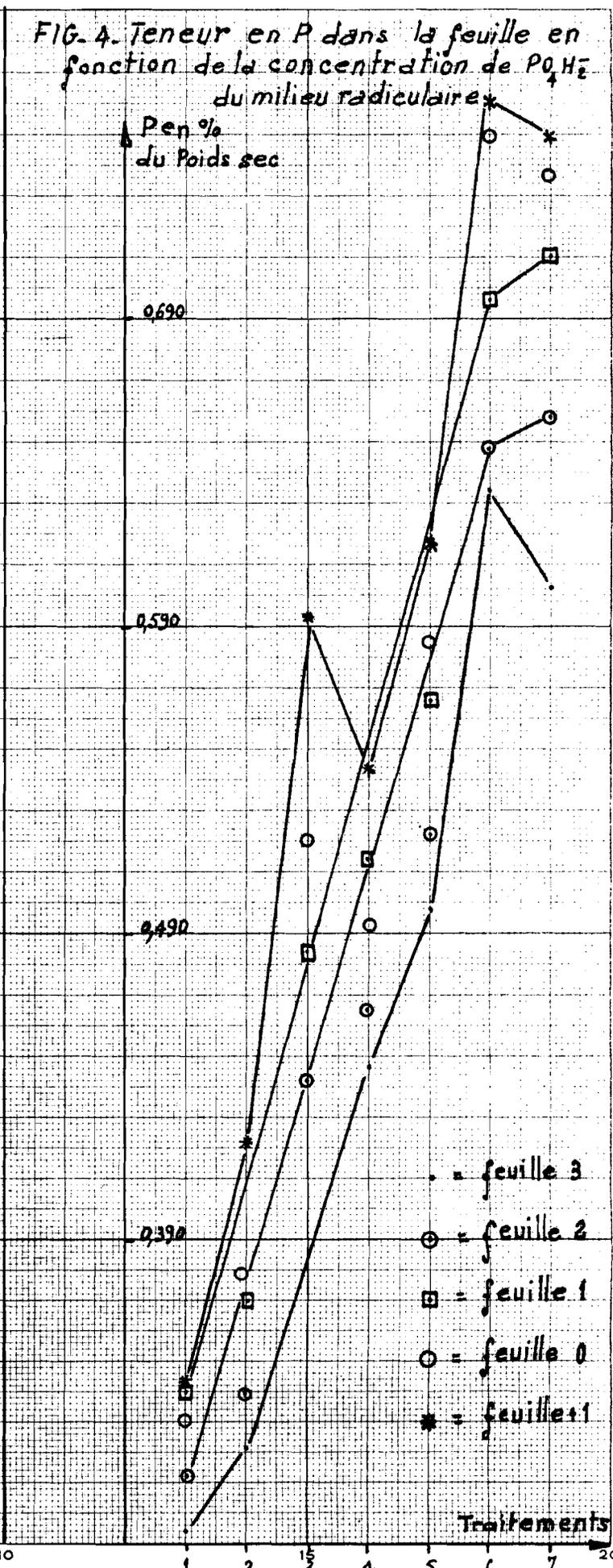
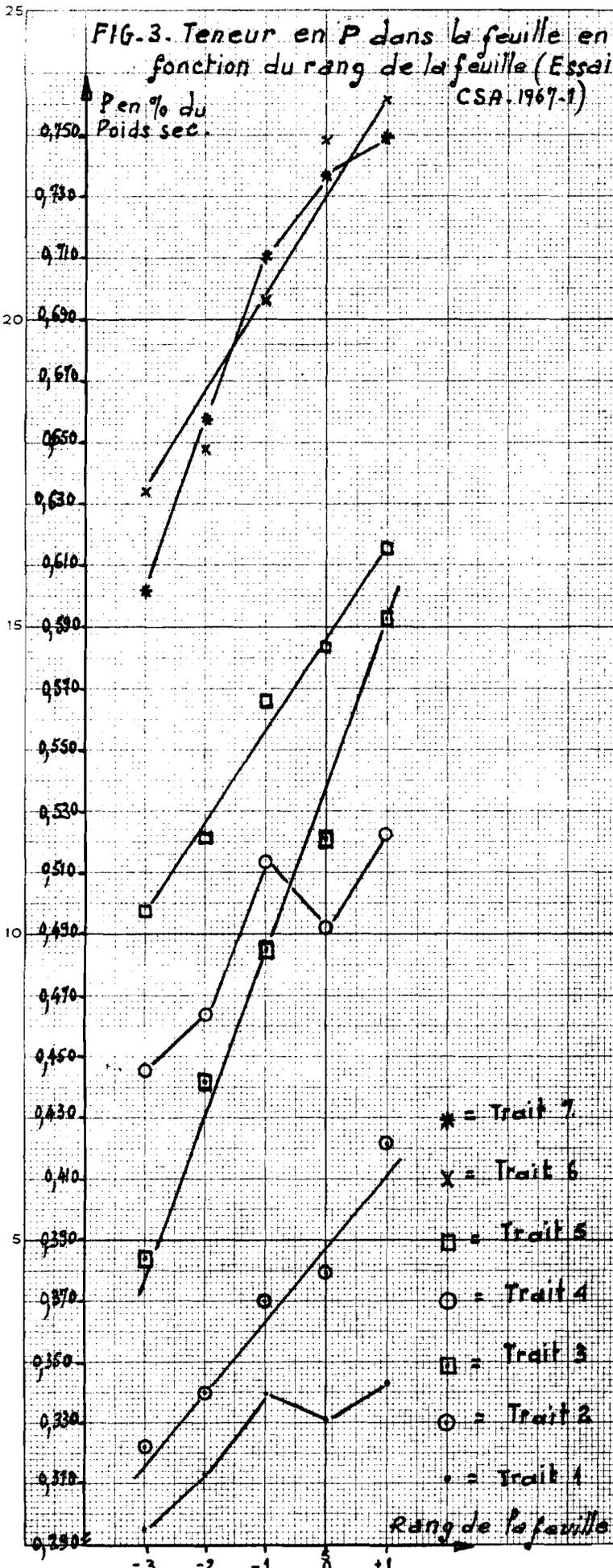


FIG. 6. Teneur en K dans la feuille en fonction de la concentration en K dans le milieu radiculaire (Essai CSA 1967-1)





b) Soufre : S en % du poids sec (tableau II).  
.....

L'écart le plus grand obtenu entre la teneur maximale et minimale en S pour une feuille donnée en fonction de la concentration du milieu radiculaire, s'observe pour la feuille -3 : 0,246 contre environ 0,156 chez les autres feuilles. La feuille -3 apparaît donc comme la plus sensible à l'apport du S dans le milieu radiculaire. Cette constatation infirme le point de vue de LOUE (9,1967) selon lequel "on ne retient jamais les feuilles situées au-dessus de l'épi car leur composition s'est révélée beaucoup moins sensible aux variations de nutrition minérale". Et, tout au moins dans la pratique du diagnostic foliaire différentiel, la feuille -3 peut être désignée pour l'étude du S.

Notons que dans les concentrations faibles, la teneur en S le long de la tige passe par un maximum à la feuille -2.

c) Phosphore : P en % du poids sec (tableau III).  
.....

En fonction du rang de la feuille, le taux de P s'élève de façon continue des feuilles les plus jeunes vers les plus vieilles.

La figure 4 montre que les feuilles 0 et +1 sont les plus sensibles à l'apport du P dans le milieu radiculaire. De ces deux feuilles, la feuille + 1 semble la plus sensible. On peut donc la prélever pour l'étude du P en matière de diagnostic foliaire. Toutefois, comme l'interaction NP joue fréquemment dans ces études, il nous semble préférable de doser N et P dans la même feuille, à savoir la feuille de l'épi principal.

d) Potassium : K en % du poids sec (tableau IV).  
.....

La figure 6 montre que la feuille 0 a la teneur la plus faible et la plus forte de toutes les feuilles. Elle est la plus sensible à l'apport du K dans le milieu radiculaire. Elle sera prélevée pour l'étude du K en matière de diagnostic foliaire.

e) Calcium : Ca en % du poids sec (tableau V).  
.....

La figure 8 montre que la feuille de l'épi principal est la plus sensible à l'apport du Ca dans le milieu radiculaire. Elle sera prélevée pour l'étude du Ca en matière de diagnostic foliaire.

FIG. 7. Teneur en Ca dans la  
feuille en fonction du rang  
de la feuille.  
(Essai CSA 1967-1)

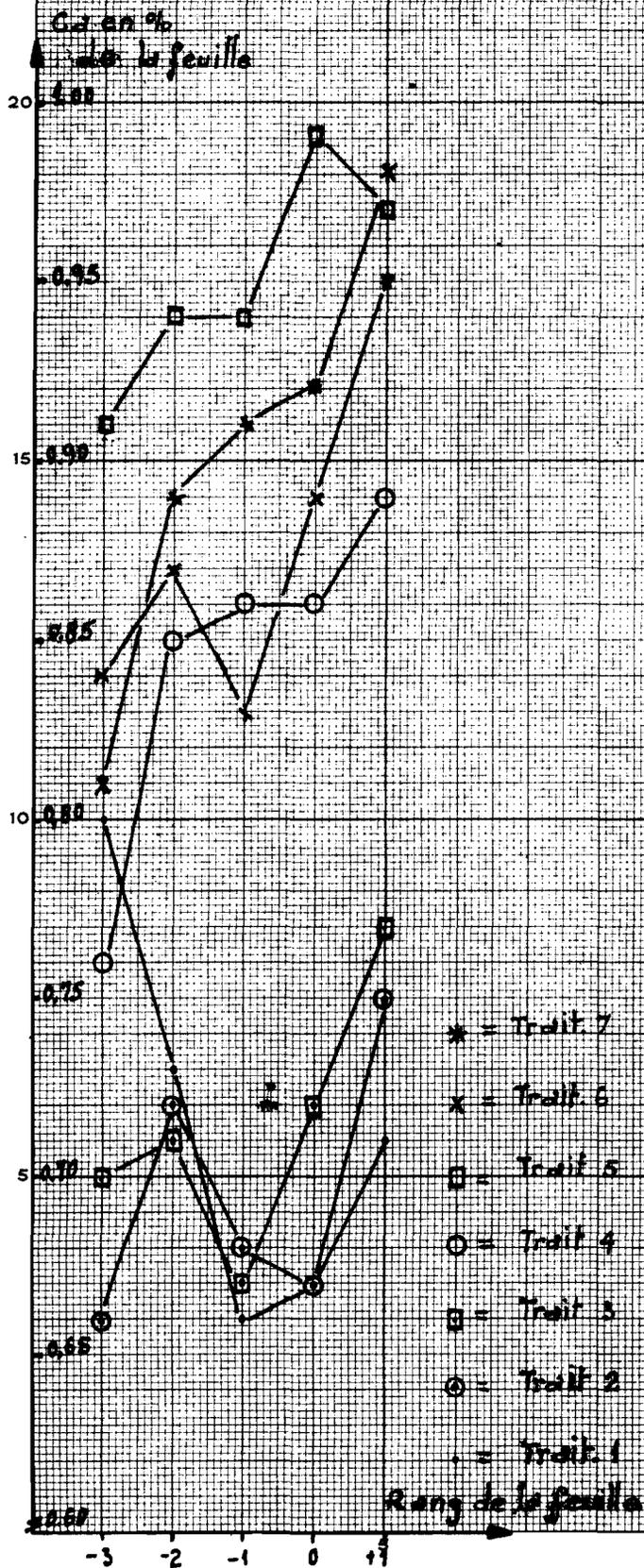


FIG. 8. Teneur en Ca dans la feuille en  
fonction de la concentration en Ca du  
milieu radiculaire (Essai CSA 1967-1)

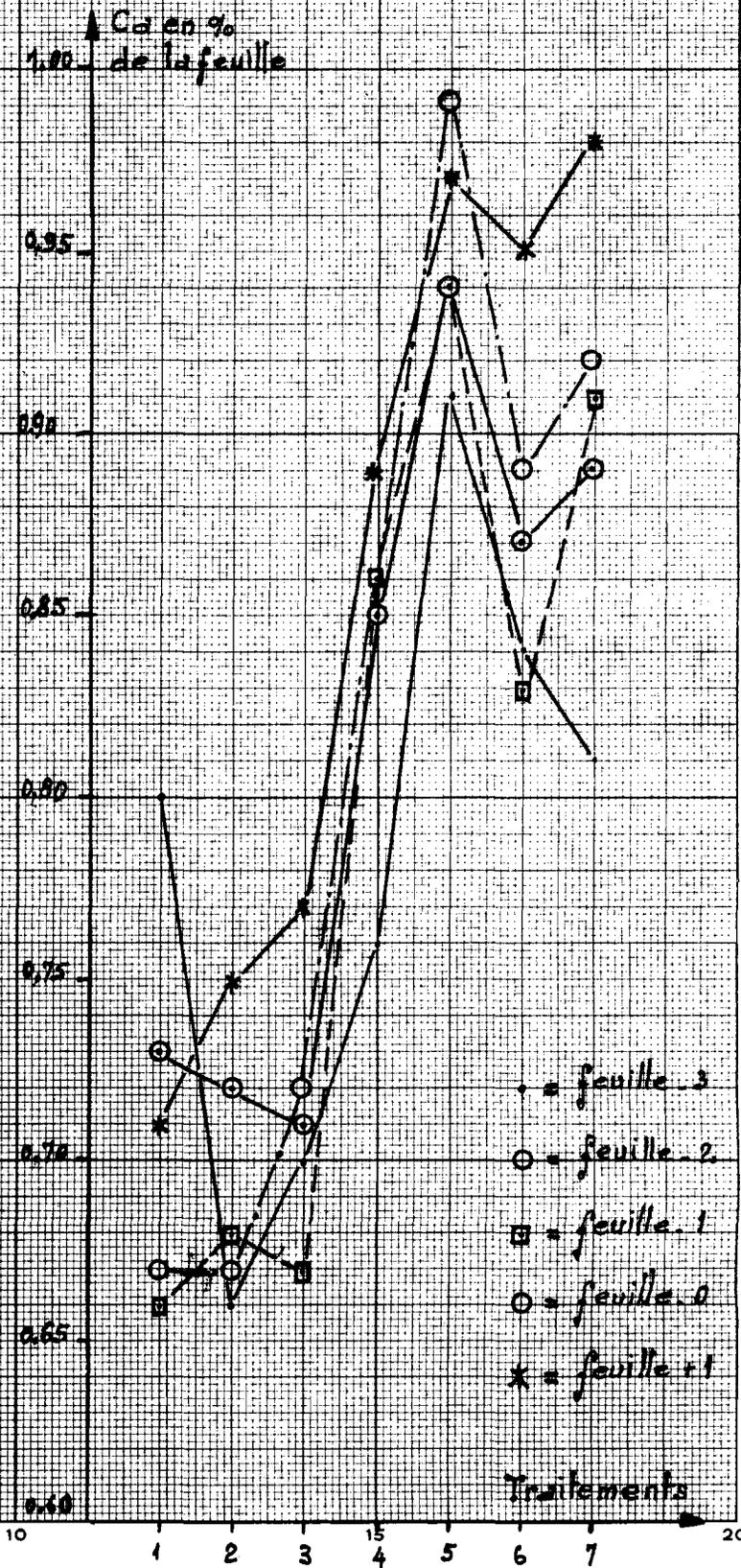


FIG. 9. Teneur en Mg dans la feuille en fonction du rang de la feuille (Essai CSA 1967-1)

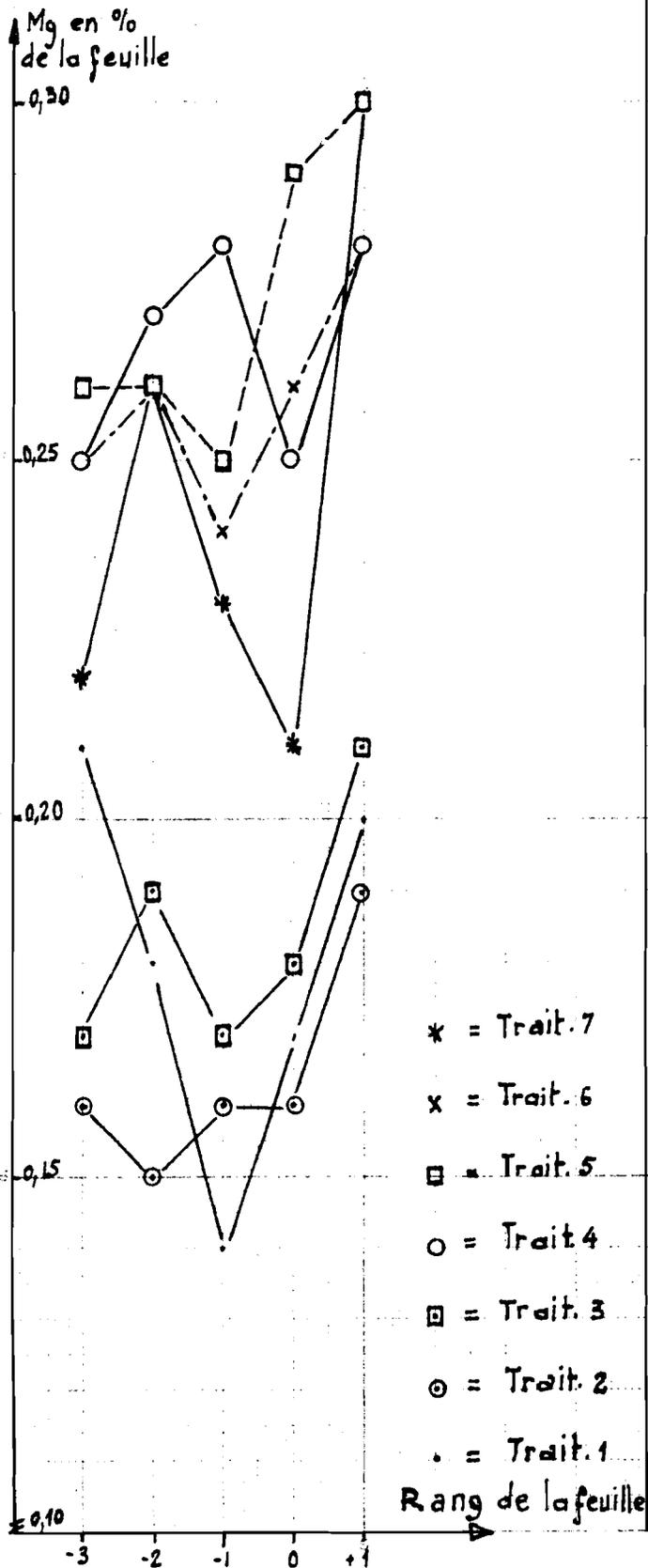
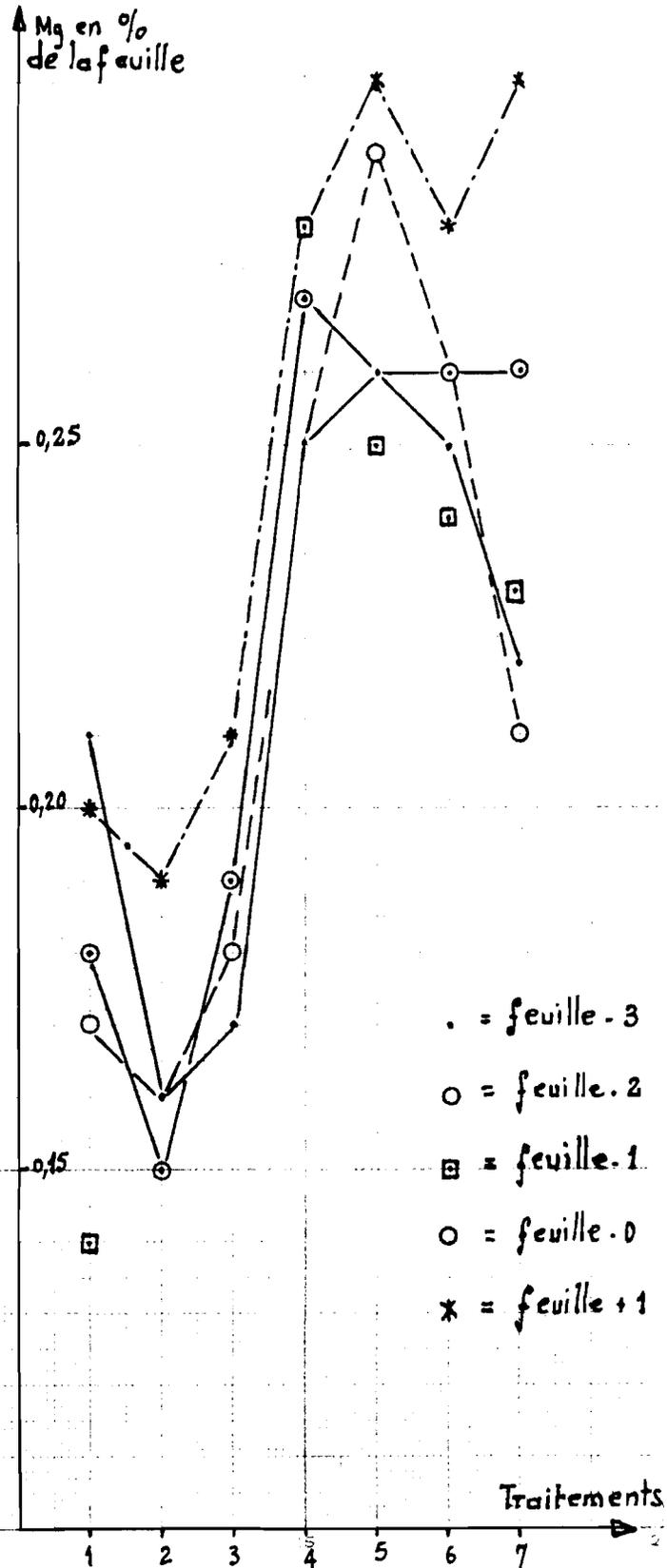


FIG. 10. Teneur en Mg dans la feuille en fonction de la concentration en Mg dans le milieu radiculaire (Essai CSA 1967-1)



f) Magnésium : Mg en % du poids sec (tableau VI).  
.....

La figure 10 montre que la feuille la plus sensible à l'apport du Mg dans le milieu radiculaire est la feuille de l'épi principal ; après elle, viennent les deux feuilles voisines. Elle sera donc prélevée pour l'étude du Mg en matière de diagnostic foliaire.

g) Récapitulation .  
.....

Lorsqu'on impose comme époque de prélèvement foliaire en matière de diagnostic foliaire différentiel le stade de plein épanouissement des soies, la feuille de l'épi principal se révèle indiquée pour l'étude des cations K, Ca, Mg ; la même feuille ou la feuille de l'épi secondaire indiquée pour l'étude de N et P ; enfin la troisième feuille au-dessus de l'épi principal indiquée pour l'étude du S. Dès lors, en matière de diagnostic foliaire intégral, la feuille de l'épi principal prélevée au stade de plein épanouissement des soies est très indiquée. Cela confirme, en grande partie, les résultats antérieurs.

2°) Portions de feuilles . Lors du prélèvement foliaire en vue du diagnostic foliaire du maïs, nous prenons une moitié longitudinale destinée à l'analyse chimique et l'autre moitié conservée en cas de perte de la première. La moitié destinée à l'analyse, dénommée simple, correspond à la portion proche du préleveur lorsque celui-ci a, à sa droite, l'épi principal et, à sa gauche, l'extrémité distale de la feuille de l'épi principal. L'autre moitié est dénommée bis. Nous allons essayer de comparer les teneurs en éléments minéraux dans ces deux moitiés. Le tableau VII donne les teneurs. Il montre qu'il n'y a pas de différence significative dans le cas de N, P, K, Ca, Mg. Dans le cas du S, il n'y a pas de différence pour les traitements 2 et 6 ; par contre, pour le traitement 4, il y a une différence notable. Du fait qu'il n'y a pas de différence pour les traitements 2 et 6, la différence observée pour le traitement 4 ne peut provenir que d'une erreur, erreur de dosage ou de transcription.

Il n'y a pas de différence significative entre les teneurs en éléments minéraux des deux moitiés longitudinales de la feuille de l'épi

principal. On peut donc faire le prélèvement foliaire sans préciser spécialement le moitié à analyser.

3°) Les zones de carence, de déficience et de niveau critique. Nous parlons de zones parce que nous estimons qu'une teneur à elle seule ne saurait définir la carence, la déficience ou le niveau critique ; il doit exister une certaine variation, un certain intervalle de confiance, autour de la teneur moyenne observée. Suivant le cas, nous donnerons tantôt la teneur moyenne, (cas d'une seule répétition), tantôt les teneurs extrêmes qui encadrent cette moyenne. Nous donnerons aussi ces indications dans les feuilles 0 et +1 qui sont les feuilles prélevées par les deux grandes écoles de diagnostic foliaire.

a) Les zones de carence .  
.....

Comme le montrent les figures 1 à 10, dans le cas des anions, nous n'observons pas l'effet de STEENBJERG et alors il est impossible de définir la zone de carence. Par contre, dans le cas des cations, nous observons l'effet de STEENBJERG et nous pouvons définir les zones de carence par les teneurs suivantes :

rang de la feuille \ Elément	0	+1
K	1,38	1,50
Ca	0,67	0,71
Mg	0,16	0,19
Poids sec de 13 moitiés de feuilles (g)	9,50	10,25

Pour N, comme les trois premiers traitements portent des symptômes visuels de carence en N, les caractéristiques de la zone de carence peuvent être définies ainsi :

rang de la feuille \ Elément	0	+1
N	2,57	2,46
Poids sec de 13 moitiés de feuilles (g)	9,50	10,75

## b) Les niveaux critiques :

Excepté l'azote, il semble que pour tous les autres éléments, il y ait un optimum pour le traitement 5 ou 6. Nous pouvons prendre cet optimum comme niveau critique. Mais l'optimum en un élément minéral ne correspond pas à l'optimum de rendement, sans doute à cause de l'évolution simultanée des doses de tous les éléments minéraux : l'un peut arriver à son optimum alors que l'autre est encore loin du sien surtout que les proportions optimales entre éléments utilisées, n'ont pas été définies dans les conditions de prélèvement où nous travaillons actuellement. Voici le tableau obtenu :

Rang de la feuille	- 3	0	+ 1
Elément			
N en %	-	3,76	3,66
Poids sec de l'échantillon (g)	-	15,00	16,50
S en %	0,400	0,354	0,270
Poids sec de l'échantillon (g)	7,00	14,75	16,50
P en %	-	0,748	0,761
Poids sec de l'échantillon (g)	-	14,75	15,00
K en %	-	2,05	2,02
Poids sec de l'échantillon (g)	-	12,50	13,50
Ca en %	-	0,99	0,98
Poids sec de l'échantillon (g)	-	12,50	16,50
Mg en %	-	0,29	0,30
Poids sec de l'échantillon (g)	-	12,50	16,50

La teneur en N observée doit pas être considérée comme inférieure au niveau critique puisque la courbe de teneur en N n'atteint pas un optimum.

Les teneurs en P et Ca sont nettement plus élevées que celles observées en champ et on peut se demander si les niveaux critiques de ces éléments, définis en culture sans sol, restent valables en champs. Une étude en champ s'avère nécessaire.

Les niveaux critiques des cations correspondent à des poids de feuilles inférieurs à l'optimum : cela semble s'expliquer par une limite imposée par l'un des anions, le N notamment. Ces niveaux critiques auraient-ils été les mêmes si ce facteur n'avait pas été limitant ?

Toutes ces questions, nous les reprendrons plus en détail ultérieurement.

4°) Quelques remarques.

a) Proportions centésimales .  
.....

Le tableau VIII montre que les proportions centésimales varient de façon aléatoire d'un traitement à l'autre. Comme les proportions centésimales entre éléments fournis aux racines sont invariantes, il semble qu'un tel résultat ne soit pas surprenant.

Le tableau XI qui étudie les proportions centésimales le long de la tige montre que la proportion en N décroît des feuilles les plus jeunes vers les plus âgées et que la proportion en P, elle, s'élève des feuilles les plus jeunes vers les plus vieilles. C'est sans doute là le reflet d'une certaine interaction N-P le long de la tige.

b) Quantité totale d'éléments .  
.....

Lorsqu'on observe l'évolution de la quantité totale d'éléments en fonction des traitements (tableau X), on constate que pour les feuilles supérieures, -3 et -2, un effet analogue à l'effet de STEENBJERG se fait sentir. Cet effet disparaît à partir de la feuille -1. L'effet de STEENBJERG peut se manifester sur certaines feuilles sans se manifester sur d'autres : c'est notamment le cas de Ca (fig.8). Il est possible qu'à des doses plus faibles que celles expérimentées, l'effet de STEENBJERG soit observé sur toutes les feuilles.

La **quantité** totale d'éléments dans la feuille qui évolue dans le même sens que la dose totale d'aliments fournie aux racines peut être une notion devant intervenir dans la définition du niveau critique.

FIG. 12. Relation entre la teneur foliaire en N et la teneur foliaire d'autres éléments.

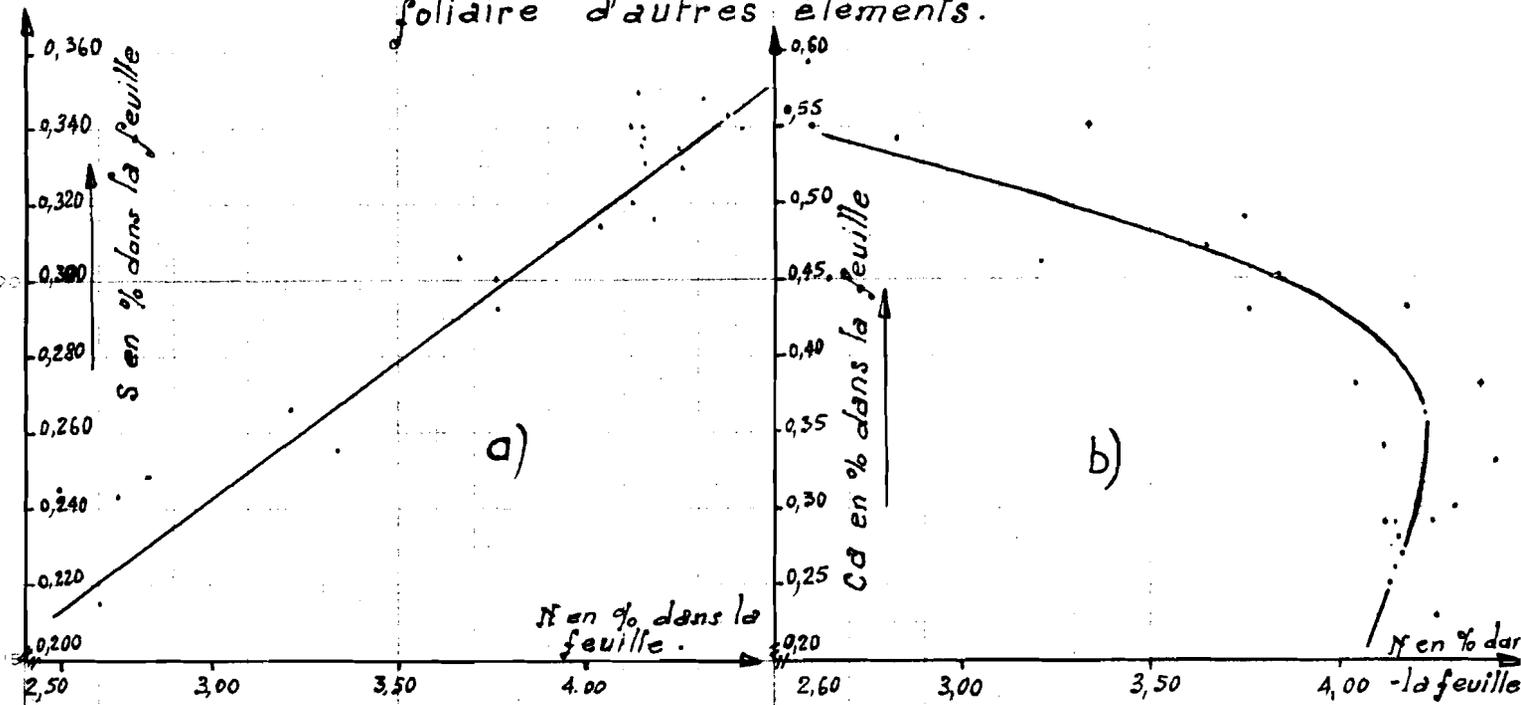
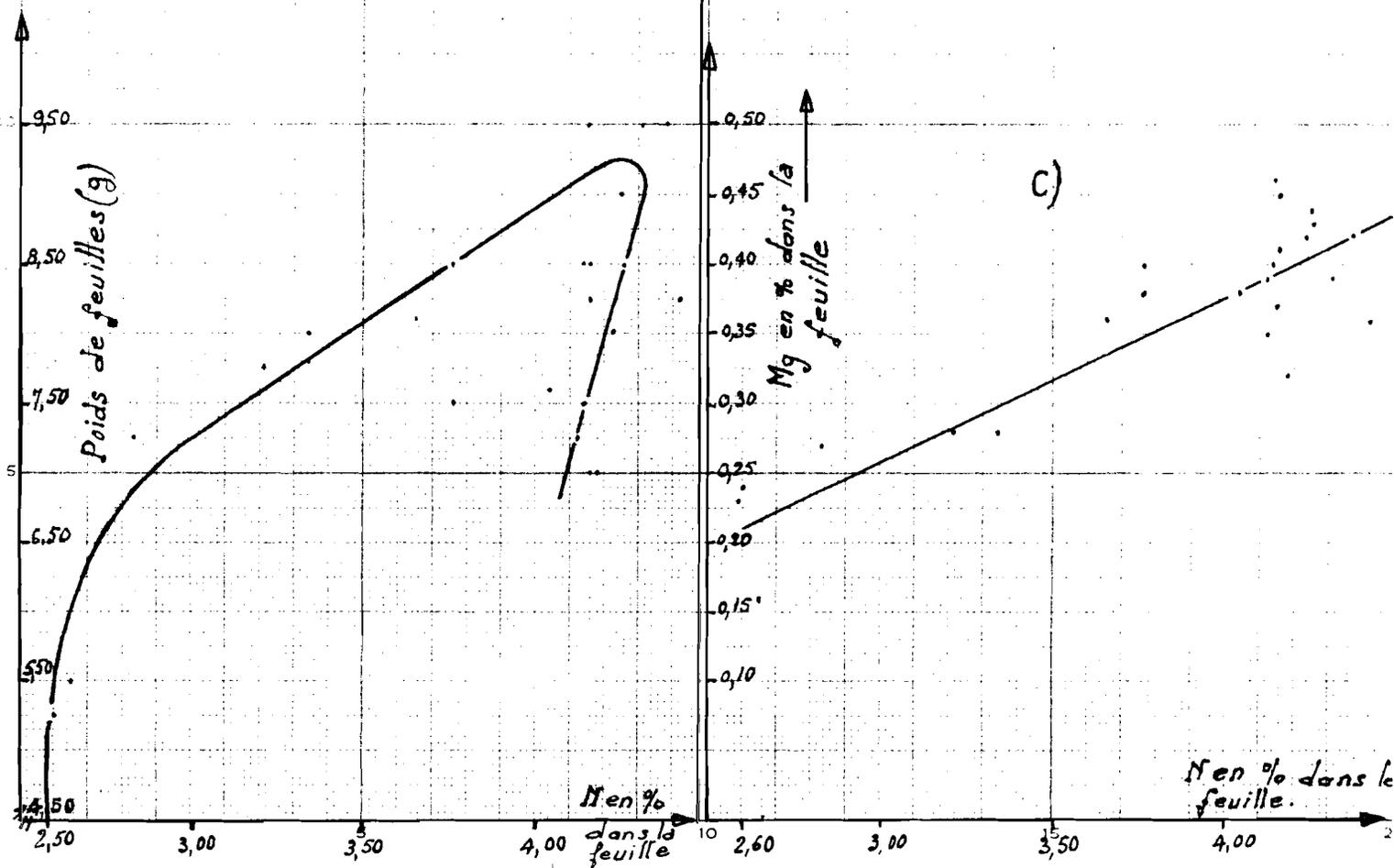


FIG. 11. Relation entre la teneur foliaire en N et le rendement



c) Schéma de SMITH (11,1962 ; 18).  
.....

Il n'est pas entièrement respecté surtout aux doses les plus fortes d'aliments fournies où les teneurs en certains éléments -les cations surtout- semblent chuter ou rester stationnaires .(fig. 6,8 et 10). Cela fait penser à l'hypothèse que la courbe exprimant la relation rendement/teneur en % du poids sec d'un élément pourrait être une ellipse (18).

3. Résultat. Avec cette essai, nous avons la confirmation de la feuille à prélever pour le diagnostic foliaire, la feuille de l'épi principal, au stade de plein épanouissement des soies. Nous avons en outre quelques niveaux critiques et quelques zones de carence. Mais ces teneurs critiques doivent encore être confirmées par des essais ultérieurs.

B. Essai CSA 1967.2.

1. But. Il s'agit, les autres éléments étant fournis en quantités suffisantes, de faire varier la dose d'azote fournie à la plante et d'apprécier l'incidence de cette variation sur la teneur en éléments minéraux dans la feuille de l'épi principal prélevée au stade de plein épanouissement des soies.

2. Interprétation des analyses chimiques.

1°) Teneur en % du poids sec.

a) L'azote (tableau XIII).  
.....

- Relation entre la teneur foliaire en N et le rendement.

La figure 11 montre que le schéma de SMITH et de HOMES-VAN SCHOOR (18) n'est respecté que pour les teneurs faibles et moyennes de N. Après l'optimum de rendement, nous observons une chute de rendement accompagnée d'une chute plus ou moins sensible de la teneur en N. Ceci est un argument en faveur de l'hypothèse que la relation entre le rendement et la teneur foliaire pourrait être matérialisée par une courbe du genre elliptique (18).

---

(18) : page 3, fig. 5 et 6.  
page 2-3, fig. 7

Dans notre expérience, nous n'avons observé ni effet de STEENBJERG, ni consommation de luxe : notre première dose est déjà trop forte pour permettre de déceler l'effet de STEENBJERG ; l'absence de la plage de consommation de luxe peut être liée à la présence d'un facteur limitant, la dose de  $SO_4^{=}$ .

D'après la figure 11 et les symptômes visuels de carence, la carence en N peut être définie par 2,60 % N et 5,50 g de 10 moitiés longitudinales de feuille de l'épi principal ; le niveau critique défini par 4,30 % N et 9,50 g de 10 moitiés longitudinales de la feuille de l'épi principal. Entre 2,60 % N et 3,60 % N d'une part et un poids de 10 moitiés longitudinales de feuilles oscillant entre 5,5 et 8,3 g, nous avons des pieds déficients. Entre 3,65 % N et 4,30 % N d'une part et un poids sec de 10 moitiés longitudinales de feuilles oscillant entre 8,5 et 9,5 g, nous avons des pieds bien nourris. Entre 4,00 % N et 4,40 % N d'une part et un poids sec de 10 moitiés longitudinales de feuilles oscillant entre 9,5 et 7,0 g, nous sommes dans la zone de toxicité en N.

- Relation entre la teneur foliaire en N et en autres éléments.

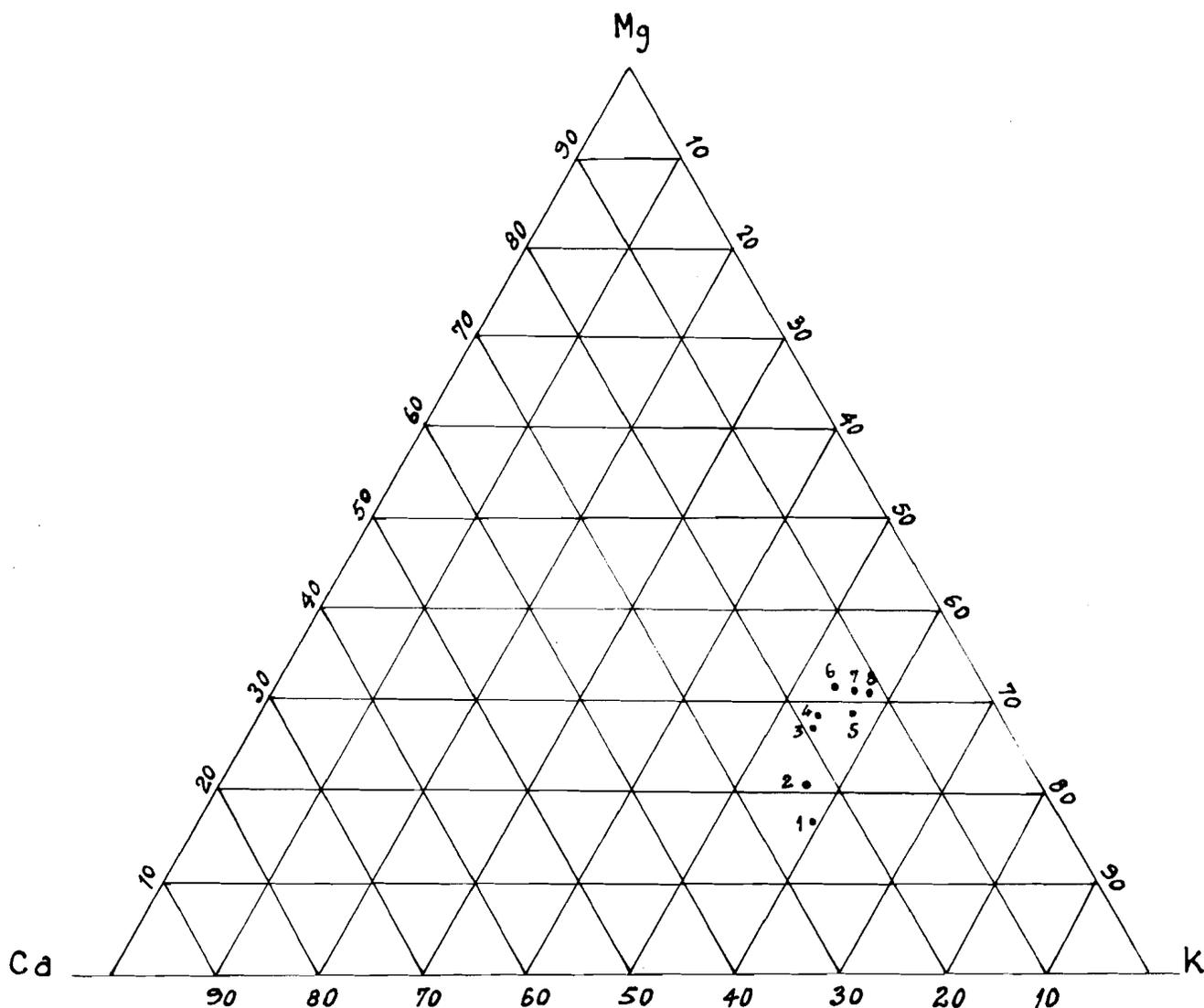
La figure 12 montre que plus le taux foliaire de N s'élève, plus celui de S et Mg s'élève aussi et plus celui de Ca chute. Il semble que la relation entre N et S ou entre N et Mg soit linéaire. Donc lorsqu'on fournit au sol de l'azote, on permet une meilleure utilisation de certains éléments comme S et Mg. Cela met en lumière la difficulté d'interprétation des teneurs foliaires. En effet devant un taux faible de S et de Mg, on aurait pensé à la nécessité de l'apport de S et de Mg, ce qui n'est pas vrai. Ici, la faiblesse des taux de S et de Mg est induite par un taux faible de N et il suffit d'apporter de l'azote au sol pour corriger les teneurs en S et Mg.

- Fractionnement de N .

La fraction ammoniacale a été dosée (tableau XIII-NH<sub>3</sub>). Mais il semble bien que l'azote total reflète mieux l'évolution du rendement que ne le fait la fraction ammoniacale.

# FIG.12bis-ESSAI C S A-1967.2 Diagramme triangulaire cationique

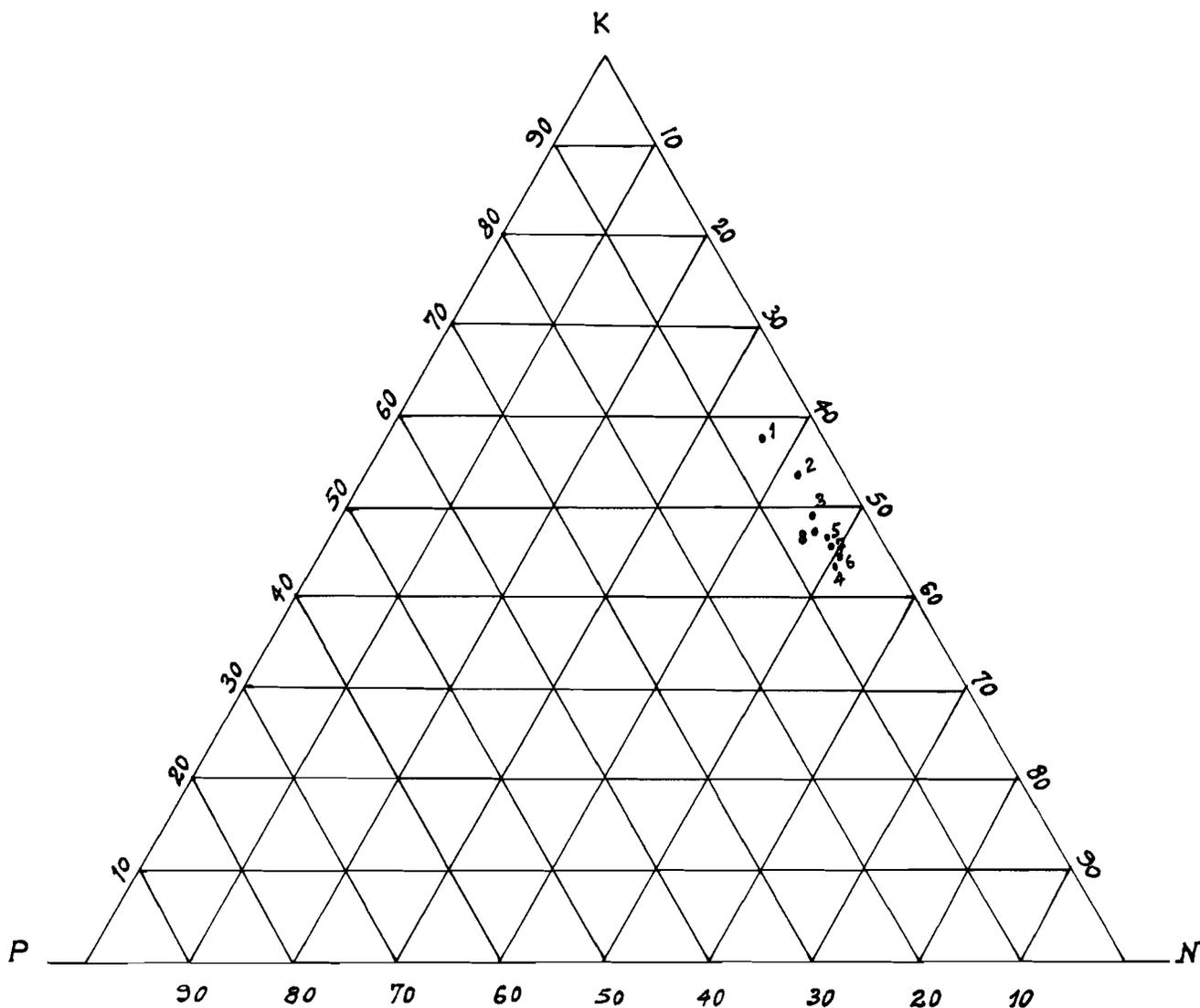
Les chiffres correspondent aux n° des traitements figurés par les points.

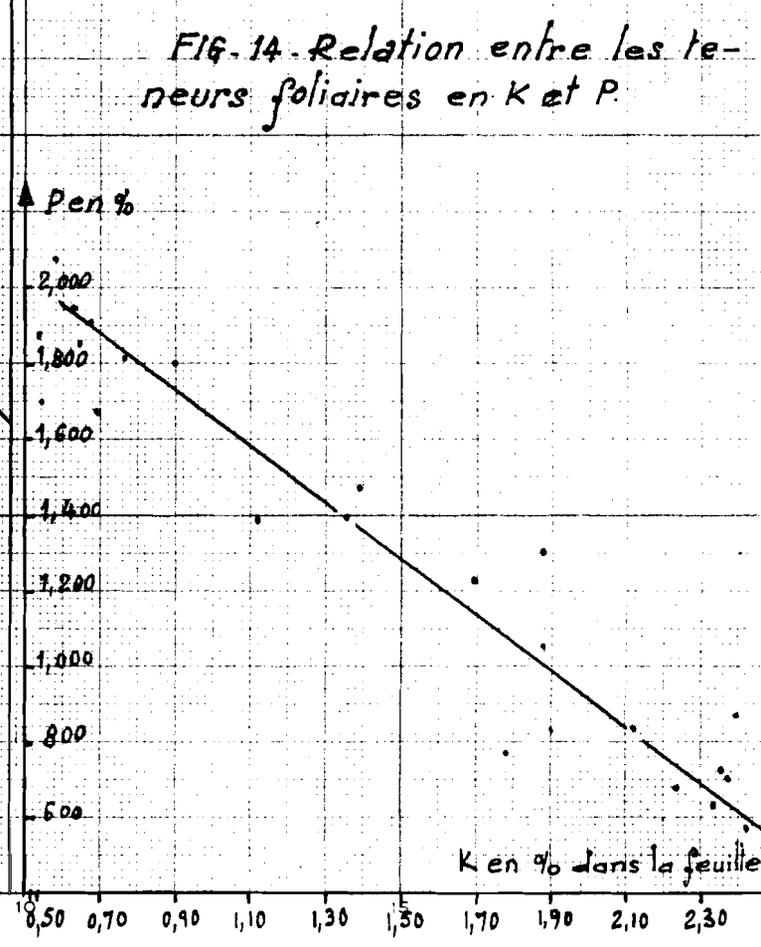
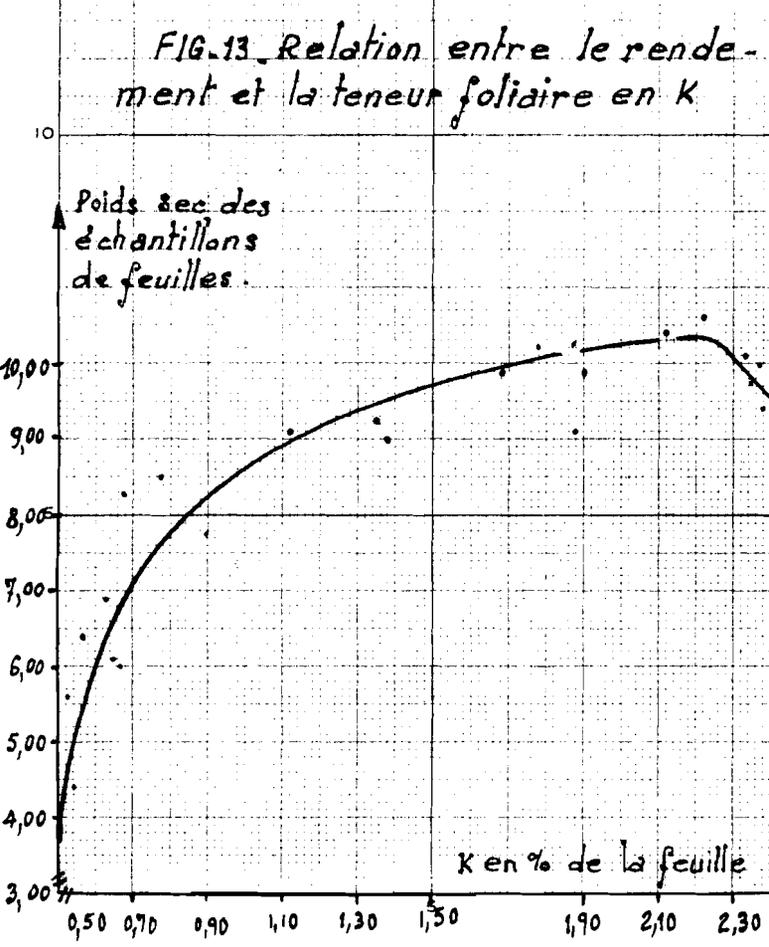
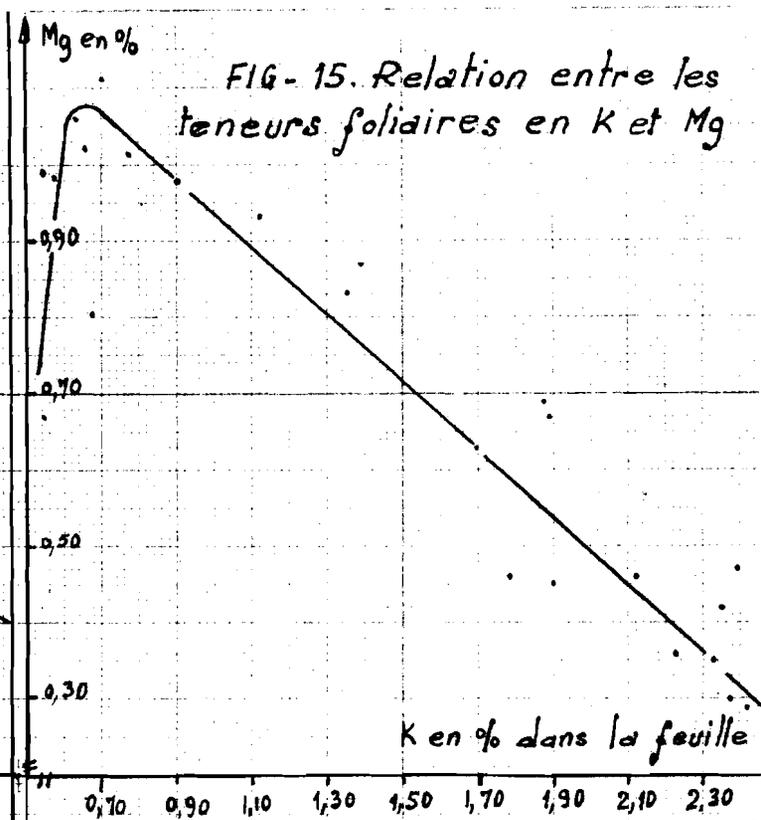
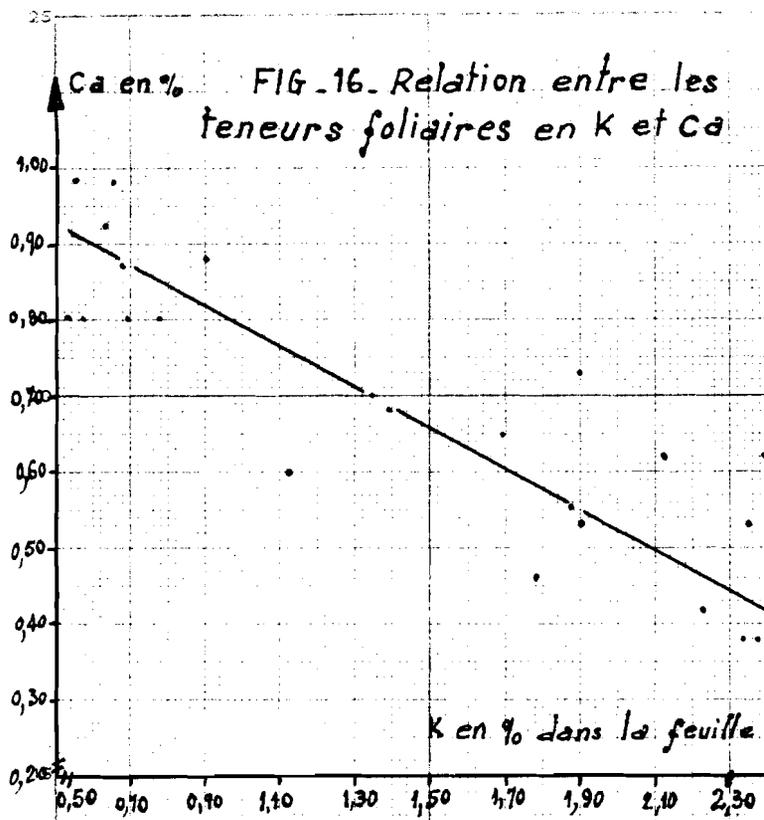


---

# FIG. 12ter-ESSAI CSA 1967.2. Diagramme triangulaire NPK

Les chiffres correspondent aux n° des traitements figurés par les points





L'utilisation du diagramme triangulaire ne nous paraît pas assez précise pour la délimitation de ces différentes zones. Et nous n'utiliserons pas les proportions centésimales comme mode d'expression des résultats.

C. Essai CSA 1967.3.

1. But. Il s'agit, les autres éléments étant fournis en quantités suffisantes dans le milieu radicaire, de faire varier la dose de K et d'apprécier l'incidence de cette variation sur la teneur en éléments minéraux dans la feuille de l'épi principal prélevée au stade de plein épanouissement des soies.

2. Interprétation des analyses chimiques.

1°) Teneur en % du poids sec (tableau XVI).

a) Potassium : niveau critique.

Le tableau XVI.K montre que la teneur foliaire en K s'élève avec la concentration en K du milieu radicaire.

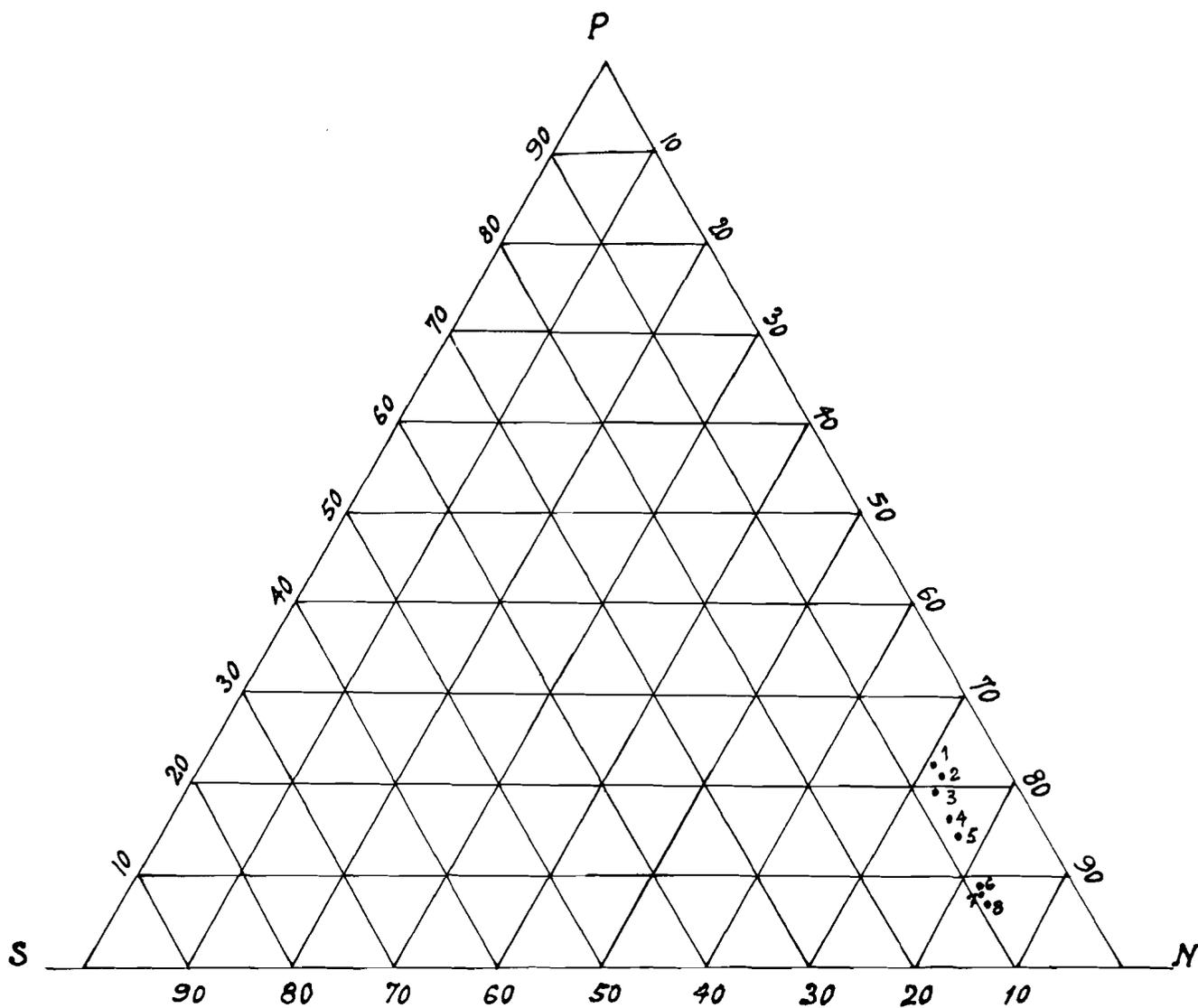
La figure 13 rappelle le schéma de SMITH (11,1962 ; 18) auquel il manque la zone de l'effet de STEENBERG et celle de consommation de luxe. Sur cette figure, on peut définir les caractéristiques suivantes :

- zone de carence : 0,50 % K ; 4-5 g d'échantillon
- zone de déficience : 0,70-1,90 % K ; 7,0-10,0 g d'échantillon
- niveau critique : 2,20 % K ; 10,6 g d'échantillon
- zone de toxicité : >2,30 %

Si l'on se réfère aux symptômes visuels de carence et de déficience observés sur l'essai, on obtient des taux analogues, à savoir :

- zone de carence : 0,50-0,67 % K
- zone de déficience : 0,69-1,89 % K
- niveau critique : 1,90-2,10 % K
- zone de toxicité : >2,20 % K

FIG.17 ESSAI CS A.1967. 3. Interaction anionique



b) Potassium : relation avec les autres éléments.  
.....

Les figures 14,15,16, montrent qu'il existe une relation linéaire entre la teneur foliaire en K d'une part et celles en P, Ca et Mg d'autre part. Il semble qu'il y ait une compétition apparente entre K et ces éléments. Nous parlons de compétition apparente puisque les éléments P,Ca et Mg, bien que présents en quantité suffisante, n'arrivent pas à se substituer au K pour son rôle physiologique, d'où nanisme des plantes. On se souvient que nous avons évoqué en partie ce phénomène de compétition apparente pour expliquer l'effet de STEENBJERG (18). On constate aussi, lorsque la dose de K est faible, que celle des éléments P, Ca, Mg est supérieure à celle que l'on a coutume de rencontrer dans la feuille : 1,600 à 2,000 % P ; 0,80 à 1,00 % Ca ; 0,70 à 1,10 % Mg ; d'où toxicité possible induite par ces éléments.

2°) Proportions centésimales (tableau XVII et quantité totale d'éléments.

a) Quantité totale d'éléments.  
.....

La quantité totale en méq. des 6 macro-éléments pour 100 g de poids sec n'évolue pas dans le même sens que le rendement. Elle évolue, en fonction des traitements, suivant une courbe en V dont le maximum correspond au traitement 2 ; le rendement, lui, évolue, en fonction des traitements, suivant une courbe en V dont le maximum se situe au traitement 6. Dès lors la quantité totale des 6 macro-éléments pour 100 g de poids sec n'est pas un mode d'expression fidèle des résultats.

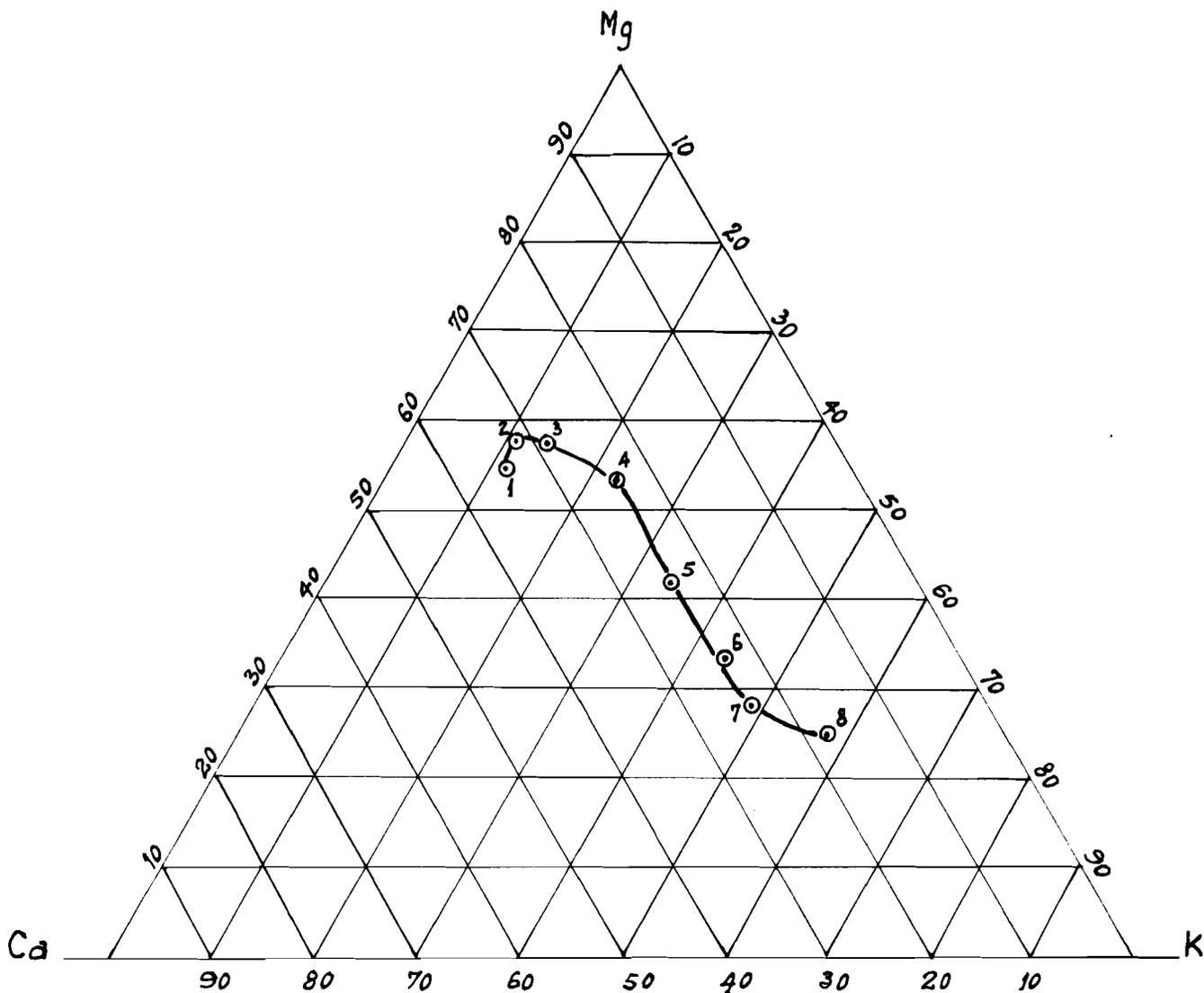
Par contre, la quantité totale des 6 macro-éléments dans l'échantillon de feuilles prélevées peut être considérée comme un mode d'expression fidèle des résultats. En effet, cette quantité évolue, en fonction des traitements, suivant une courbe en V dont le maximum correspond au traitement 5. Or le rendement du traitement 5 est proche de celui du traitement 6. Et on peut admettre que la quantité totale des 6 macro-éléments dans la feuille est un mode d'expression valable des résultats ; d'autant plus que le niveau critique pratique, qui tient compte de la rentabilité de l'apport d'un élément nutritif est inférieur au niveau critique "physiologique" atteint pour la concentration

---

(18) : pages 4-5.

FIG.18. ESSAI CSA 1967\_3-Interaction cationique

⊙ = Traitement



du milieu radiculaire correspondant au début du palier de la courbe de MITSCHERLICH. On peut donc dire que le niveau critique pratique défini par la quantité totale des 6 macro-éléments dans l'échantillon de 10 moitiés longitudinales de feuilles est de 21,5 méq.

b) Proportions centésimales  
.....

Homès a utilisé les propositions centésimales pour définir les niveaux critiques chez le cotonnier (5,1966). Elles ne semblent pas donner des résultats précis dans le cas du maïs.

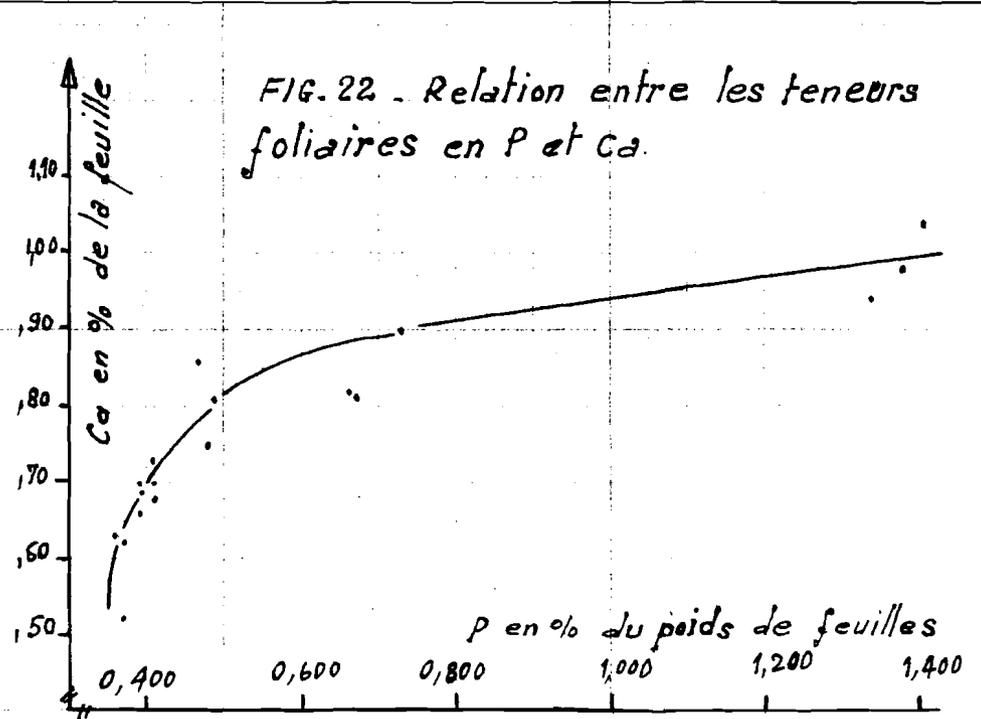
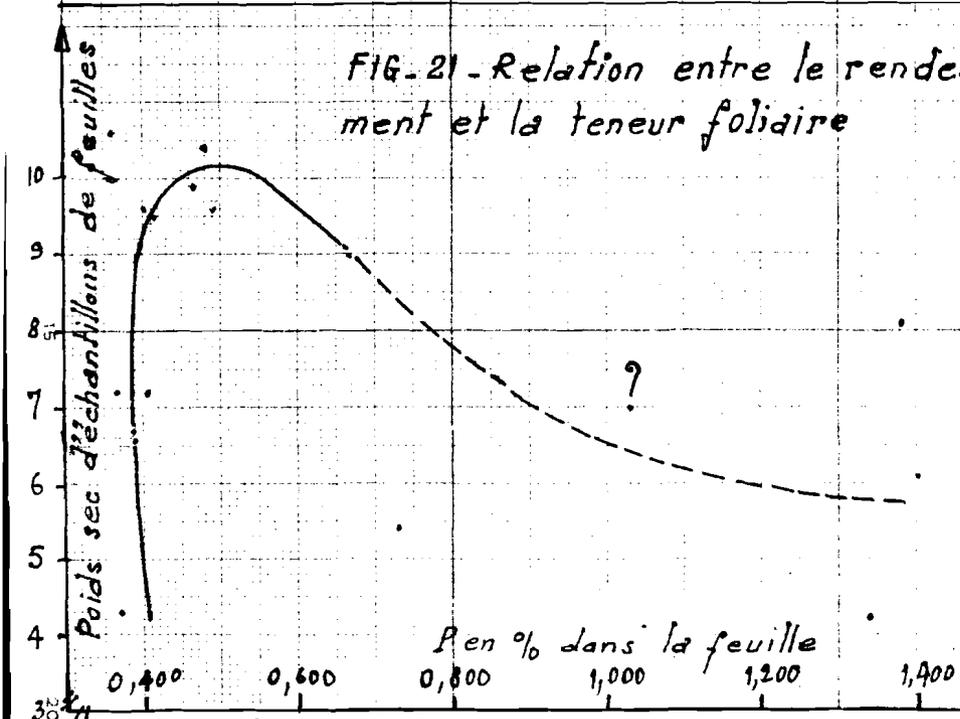
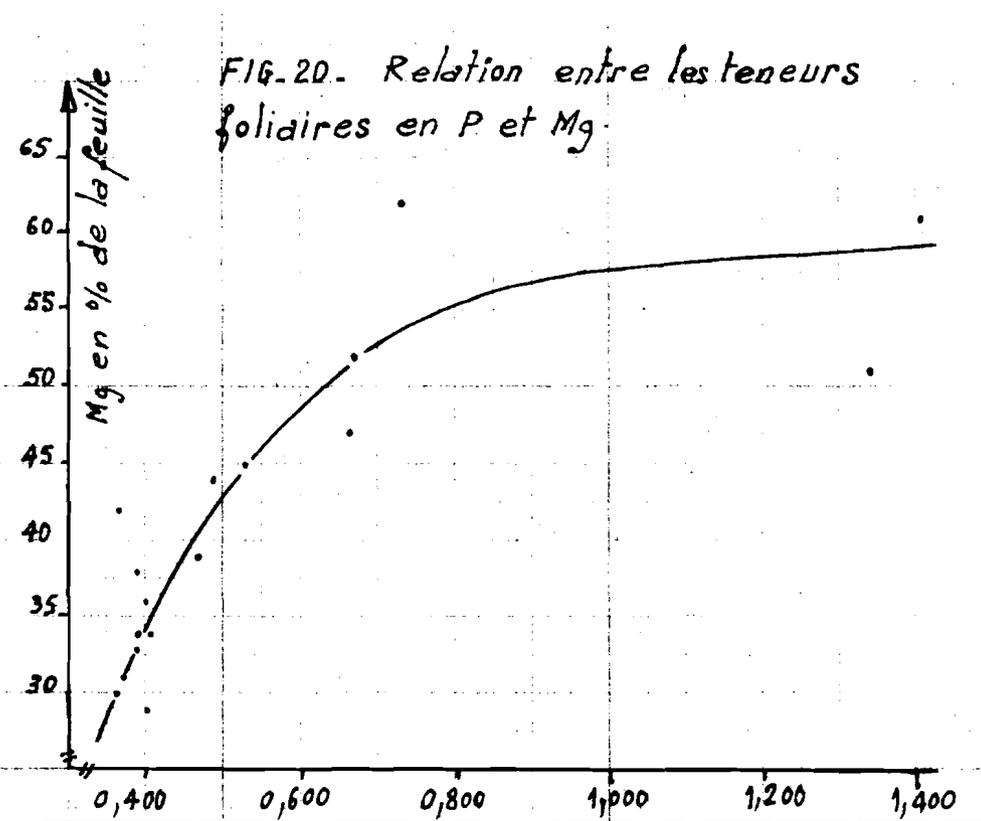
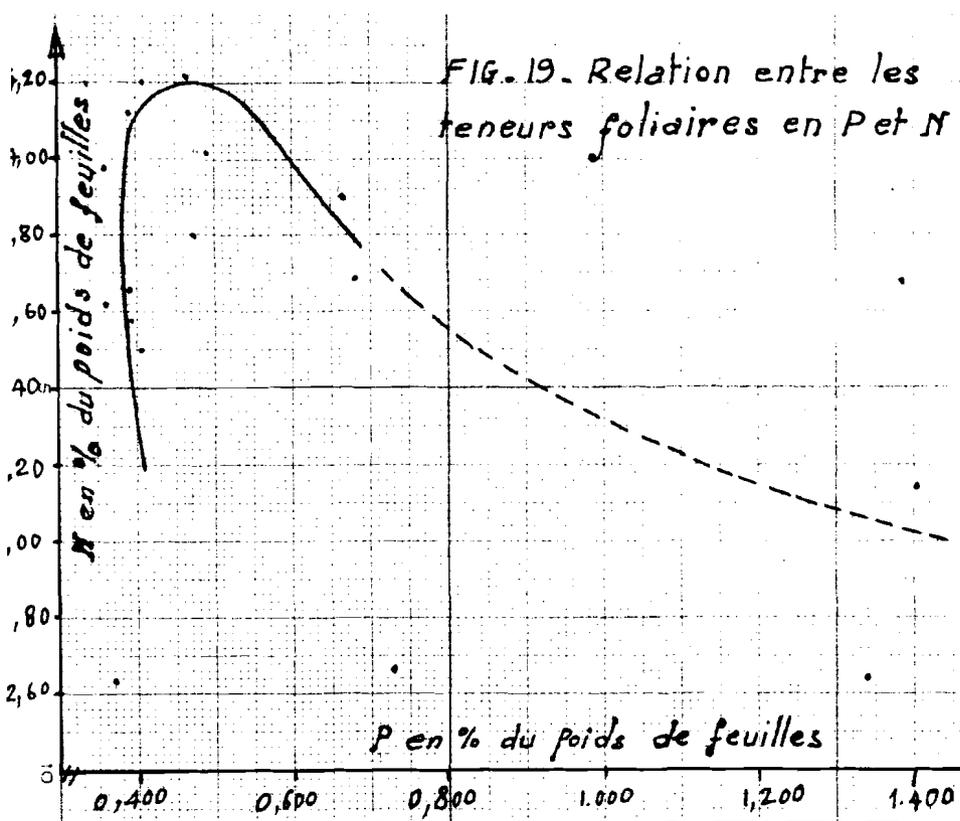
Le rapport anions/cations évolue, en fonction des traitements, de façon à peu près aléatoire (tableau XVII).

Le diagramme triangulaire est peu précis dans le cas des anions. Pour l'équilibre anionique (fig.17), les points s'agglutinent dans un coin. Pour l'équilibre cationique (fig.18), les traitements s'échelonnent suivant une courbe en S ; les proportions optimales sont définies par : 35 à 45 % K, 20 à 30 % Ca et 30-40 % Mg. On comprend alors que LOUE (7,1963) se soit intéressé seulement à l'équilibre cationique. Mais il nous paraît douteux que l'étude cationique seule puisse résoudre les problèmes de diagnostic foliaire. Aussi, nous pensons que les proportions centésimales, à elles seules, tout au moins dans le cas du maïs, ne peuvent être un mode d'expression efficace et précis des résultats.

3. Résultat . Les modes d'expression des résultats qui nous paraissent les plus fidèles sont : la teneur en % du poids sec, la teneur totale des 6 macro-éléments dans la feuille et le poids sec de la feuille prélevée.

Les caractéristiques du diagnostic foliaire relatives au K se définissent de la façon suivante pour un échantillon de 24 moitiés longitudinales de feuilles :

- zone de carence : 0,50 à 0,70 % K ; 9,0-12,0 g d'échantillon
- zone de déficience : 0,71 à 1,90 % K ; 12,0-24,0 g d'échantillon
- niveau critique : 1,90 à 2,20 % K ; > 24,0 g d'échantillon
- zone de consommation de luxe : 2,20 à 2,30 % K > 24,0 g d'échantillon
- zone de toxicité : > 2,30 % K



Le niveau critique peut se définir également par 51,6 méq. des 6 macro-éléments pour un échantillon de 24 moitiés de feuilles et éventuellement par les proportions cationiques suivantes : 35 à 45 % K, 20 à 30 % Ca et 30 à 40 % de Mg.

Enfin, pour le traitement 6 qui a obtenu le rendement maximal, les teneurs des éléments minéraux autres que K peuvent être considérées comme niveaux critiques de ces éléments, à savoir : 4,12 à 4,44 % N ; 0,340 à 0,365 % S ; 0,765 à 0,845 % P ; 0,46 à 0,62 % Ca et 0,45 à 0,46 % Mg.

#### D. Essai CSA 1967.4.

1. But. Il s'agit, les autres éléments étant fournis en quantités suffisantes dans le milieu radiculaire, de faire varier la dose de P et d'apprécier l'incidence de cette variation sur la teneur en éléments minéraux dans la feuille de l'épi principal prélevée au stade de plein épanouissement des soies.

#### 2. Interprétation des analyses chimiques.

##### 1°) Teneur en % du poids sec (tableau XIX)

##### a) Phosphore : niveau critique. .....

La teneur foliaire en P s'élève avec la concentration en P du milieu radiculaire (tableau XIX P).

La figure 21 montrant la relation entre le rendement et la teneur foliaire en P, s'éloigne sérieusement du schéma classique de SMITH (11,1962;18). Nous pensons que cela est dû à l'harmattan qui a gêné les plantes dans leur croissance. La courbe ne permet pas de situer les zones de carence et de déficience ; les symptômes visuels de carence et de déficience n'ont pas été non plus précis. Et nous ne pourrions pas donner des teneurs caractérisant ces zones. Par contre, la courbe présente un maximum que l'on peut considérer comme définissant un niveau critique en P. Ce niveau critique serait de l'ordre de 0,470 % P et de 10,0-10,5 g de 10 moitiés longitudinales de feuilles. Les teneurs en P dans les pieds les plus vigoureux (tableau XXI) oscillent

b) Les autres macro-éléments. Ils se répartissent en deux groupes :  
.....  
l'un où les teneurs évoluent en même temps que la teneur en N ; l'autre où les teneurs semblent stationnaires.

- Premier groupe.

Il s'agit de S, Ca, Mg. La relation entre N et S, entre N et Mg peut être considérée comme linéaire ; celle entre N et Ca comme curviligne (fig.12).

- Deuxième groupe.

Il s'agit de P et K. Il ne semble pas que la teneur foliaire en ces éléments varie avec la dose de N. Il convient de signaler que nous avons déjà observé des cas où le taux foliaire de P et de K s'est élevé avec la dose de N (19). Nous ignorons la cause du phénomène observé ici, d'autant plus que l'interaction N-P par exemple est un fait bien connu.

2°) Proportions centésimales (tableau XV).

Le diagramme triangulaire de l'équilibre anionique n'est pas intéressant car tous les points sont tassés presque au même endroit. Le diagramme triangulaire de l'équilibre cationique (fig.12 bis) paraît plus intéressant mais pas assez précis ou assez fidèle pour justifier l'utilisation des proportions centésimales comme mode d'expression prioritaire des résultats de diagnostic foliaire.

3. Résultat. Dans les conditions de l'expérience et pour 24 moitiés longitudinales de feuilles de l'épi principal, la zone de carence en N est définie par un poids de feuilles inférieur à 13g et par 2,60 % N ; la zone de déficience en N par un poids sec de feuilles compris entre 13 et 20g et par un taux foliaire compris entre 2,60 et 3,60 % N ; la zone des plantes bien fournies en N, par un poids de feuilles compris entre 20g et 23g et par un taux foliaire en N compris entre 3,65 et 4,30 % N ; la zone de toxicité enfin, par un poids de feuilles compris entre 23 et 17g et un taux foliaire en N compris entre 4,40 et 4,00 %.

FIG.23 - ESSAI CSA 1967.4 Equilibre cationique

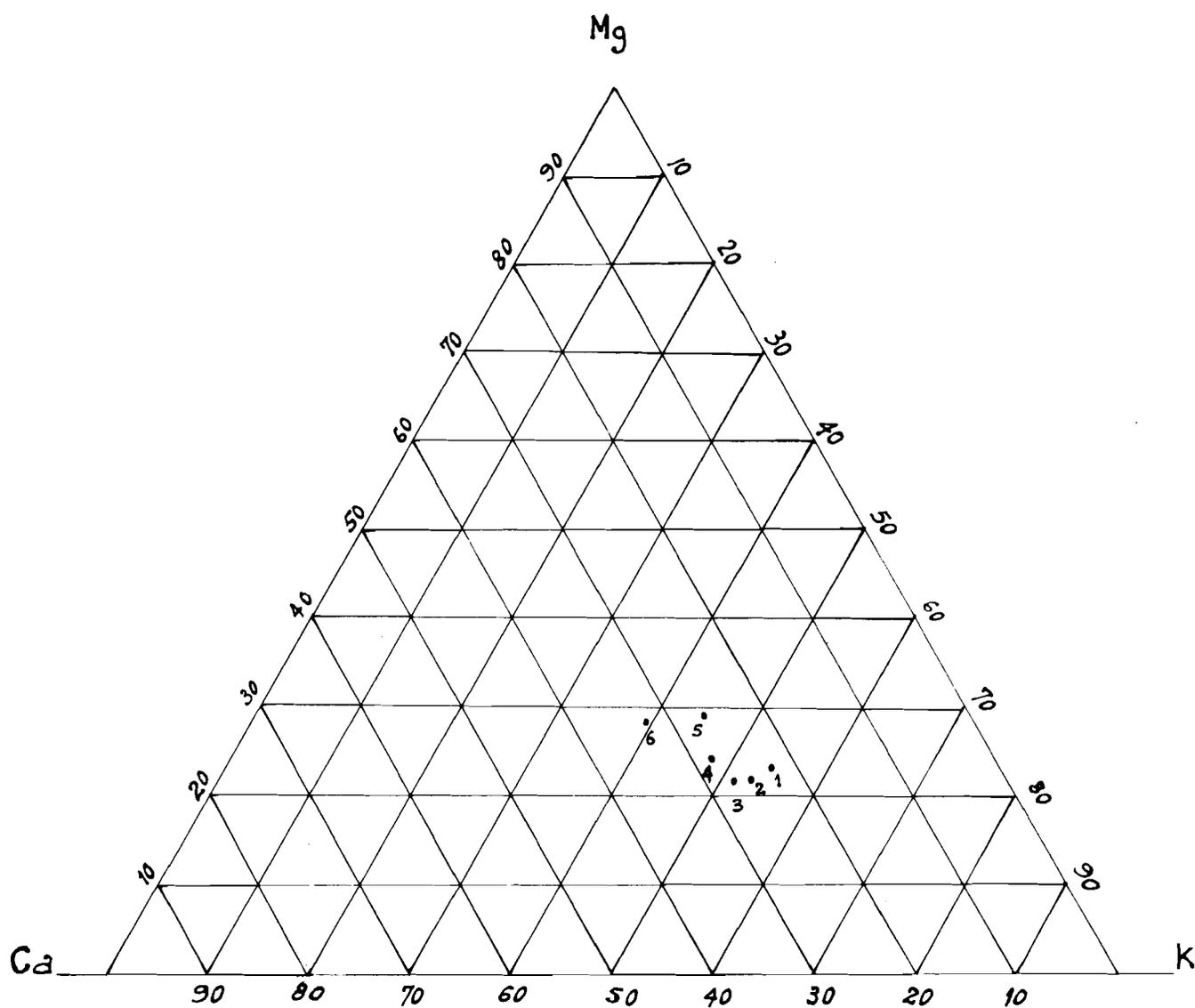
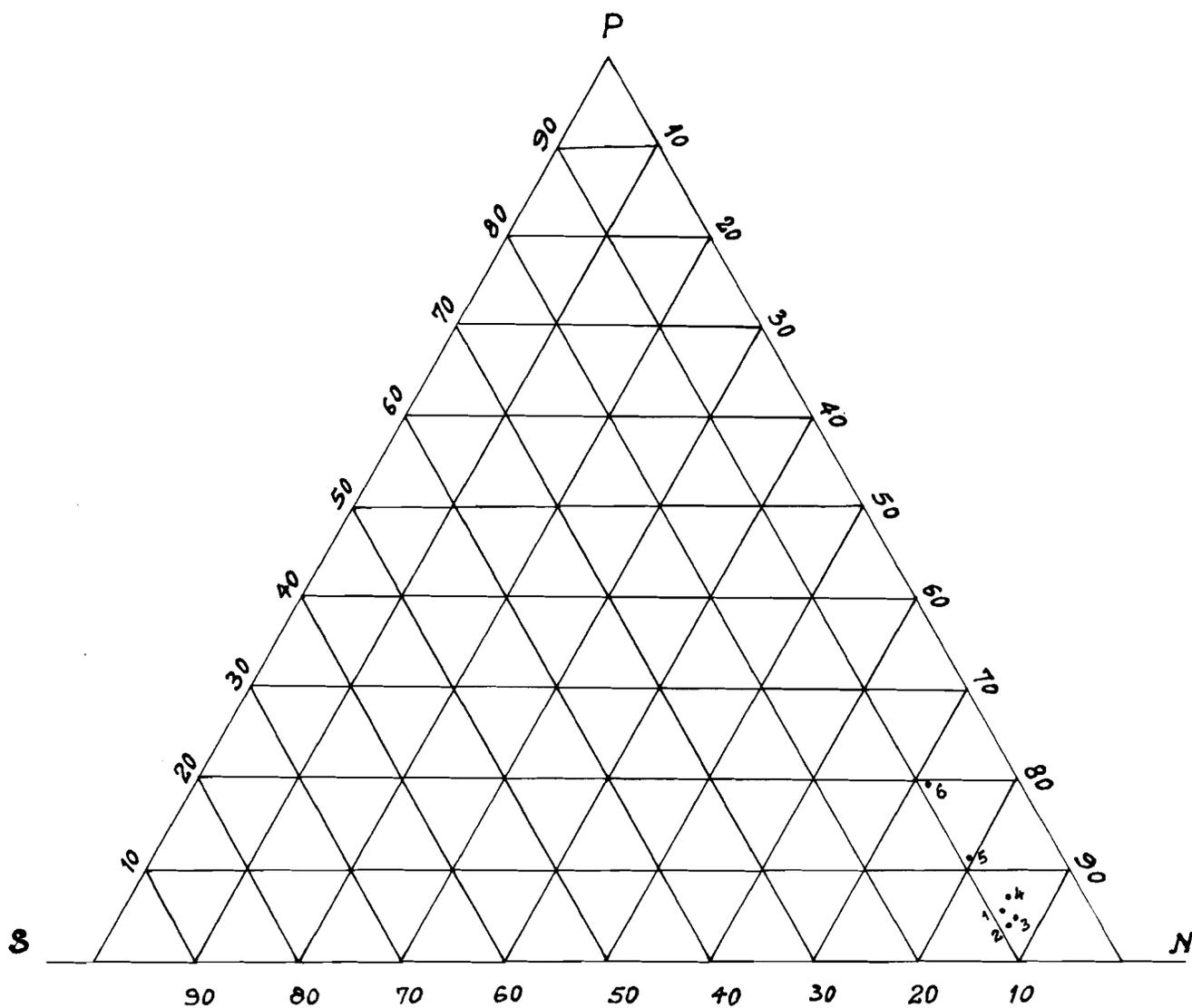


FIG. 24. ESSAI C S A 1967\_4. Equilibre Anionique.



entre 0,359 et 0,489 (tableau XIX P). Le taux foliaire est inférieur à celui trouvé dans l'essai CSA 1967.3. L'action de l'harmattan d'une part, le fait que ce niveau critique est très proche des teneurs en P dans les pieds les moins vigoureux d'autre part font que le niveau critique déduit de l'essai CSA 1967.4 nous paraît moins valable que celui déduit de l'essai CSA 1967.3, tout au moins en culture sans sol. Il convient toutefois de signaler que dans un champ fumé de OUIDAH (19), nous avons trouvé chez les pieds les plus vigoureux une teneur en P de 0,410 ‰, ce qui est plus proche des résultats de l'essai CSA 1967.4 que ceux de l'essai CSA 1967.3.

b) Phosphore : relation avec les autres éléments.  
.....

Avec l'azote (fig.19), on obtient une courbe analogue à celle du rendement en fonction de P. Cette analogie voudrait-elle dire que le rendement est fonction de la teneur foliaire en N -dose de N invariante- et non de la variable P ?

Avec le Ca (fig.22) et le Mg (fig.21), on obtient des courbes du genre MITSCHERLICH.

2°) Proportions centésimales (tableau XX).

Le rapport anions/cations ne paraît pas exploitable, les équilibres anionique et cationique transposés sur diagramme triangulaire non plus. Il convient de noter qu'en diagramme triangulaire l'équilibre cationique évolue sur une courbe en S, un peu ratatinée, sans doute à cause de l'harmattan. Dans deux cas donc, ceux des essais CSA 1967.3 et 1967.4, l'équilibre cationique se présente comme une courbe en S. Cependant les diagrammes triangulaires obtenus en champ, dans le domaine du diagnostic foliaire, se présentent souvent comme des croissants (7,1963). La différence peut être liée au milieu de culture : milieu artificiel ou sol ferme.

3. Résultat. Cet essai, handicapé par l'harmattan, nous propose un niveau critique défini par : 0,470 ‰ P et 24,0-25,0 g de 24 moitiés longitudinales de feuilles.

E. Discussion.

Le tableau XXII nous permet d'avoir une idée sur les normes du diagnostic foliaire en culture sans sol. Ces normes sont relatives, en premier lieu, au poids d'échantillon de feuilles et à la teneur en éléments minéraux en % du poids sec, puis, en second lieu, à la quantité totale des 6 macro-éléments dans l'échantillon de feuilles et à l'équilibre cationique.

1. Le poids d'échantillon de feuilles et la teneur en éléments minéraux en % du poids sec.

Ces deux variantes qui interviennent dans le schéma de SMITH (11 ou 18) doivent définir, à notre avis, les normes du diagnostic foliaire.

1°) Le poids de l'échantillon de feuilles.

Pour 24 moitiés longitudinales de la feuille de l'épi principal, il semble que l'on ait des pieds vigoureux pour des échantillons dont le poids sec est supérieur à 24 g ; des pieds déficients pour des échantillons dont le poids oscille entre 12 et 24 g ; enfin des pieds carencés pour des échantillons dont le poids est inférieur à 12 g.

2°) Les teneurs en éléments minéraux en % du poids sec.

a) L'azote.  
.....

La zone de carence est définie par une teneur inférieure à 2,65; la zone de déficience par une teneur comprise entre 2,80 et 3,60 ; enfin le niveau critique par une teneur comprise entre 4,10 et 4,30. Ces chiffres s'appuient essentiellement sur les données des essais CSA 1967.1 et 1967.2 et ne sont pas infirmés par les essais CSA 1967.3 et 1967.4 : le niveau critique est certainement supérieur à 3,80 puisque le traitement 7 de l'essai CSA 1967.1 n'a pas le rendement optimum (17) et que l'essai CSA 1967.4 a souffert d'harmattan.

b) Le potassium.  
.....

La zone de carence est définie par une teneur inférieure à 0,70 dans l'essai CSA 1967.3 et par une teneur de l'ordre de 1,38 dans l'essai

---

(18) : page 3, figure 5.

(17) : page 6, figure 3

CSA 1967.1. La teneur de 1,38 correspond au minimum engendré par l'effet de STEENBJERG alors que nous n'avons obtenu aucun symptôme visuel de carence en K et que nous faisons varier en même temps les doses de tous les macro-éléments. La teneur 0,50-0,70 de l'essai CSA 1967.3 a été obtenue sur des pieds présentant effectivement des symptômes visuels de carence en K. La teneur de 0,50-0,70 nous paraît mieux caractériser le phénomène de carence en K que la teneur de 1,38. Il semble que les teneurs correspondant à l'effet de STEENBJERG, soient comme celles du niveau critique, influencées par certains facteurs tels que la concentration des autres éléments dans le milieu radicaire.

Le niveau critique est défini par une teneur en K allant de 1,90 à 2,20 dans les essais CSA 1967.3 et 1967.1. Il est défini par des teneurs supérieures à 2,20 dans les essais CSA 1967.2 et 1967.4 qui, tous deux, ont un facteur limitant ; or nous avons observé que lorsque le taux de K est faible, les quantités de P, Ca et Mg absorbées sont hautes, un peu comme s'il y avait compétition. Nous pensons qu'un phénomène de ce genre a dû intervenir dans les essais CSA 1967.2 et 1967.4 pour élever le niveau critique de K. Aussi nous admettons que le niveau critique oscille entre 1,90 et 2,20 dans un milieu bien équilibré. Dans un milieu déséquilibré, il peut être supérieur à 2,20.

Ainsi pour le potassium, la zone de carence est définie par une teneur inférieure à 0,70 ; la zone de déficience par une teneur oscillant entre 0,70 et 1,90 ; le niveau critique par une teneur oscillant entre 1,90 et 2,20 ; la zone de consommation de luxe par une teneur oscillant entre 2,20 et 2,30 ; enfin la zone de toxicité par une teneur supérieure à 2,30.

c) Le phosphore  
.....

Nous n'avons pu avoir aucune indication sur les zones de carence et de déficience.

Pour le niveau critique, l'essai CSA 1967.4 donne une teneur allant de 0,465 à 0,490 ; cette teneur est faible par rapport à celle obtenue dans les trois autres essais où le niveau critique se situerait entre 0,720 et 0,845. Nous admettons comme niveau critique du P une teneur comprise entre 0,720 et 0,845.

d) Le soufre.  
.....

Nous n'avons pu avoir aucune indication sur les zones de carence et de déficience. Pour le niveau critique, les essais 1967.2 et CSA 1967.4 qui admettent comme facteur limitant, l'un le  $SO_4^{=}$ , l'autre les fraîcheurs de l'harmattan, présentent un niveau critique du même ordre de grandeur ; ce niveau critique est inférieur à celui déterminé par les essais CSA 1967.1 et CSA 1967.3. Nous admettons comme niveau critique la teneur de S correspondant aux traitements les plus vigoureux de ces deux derniers essais, à savoir : une teneur oscillant entre 0,340 et 0,365.

e) Le calcium.  
.....

La teneur de 0,67 mentionnée sur le tableau XXII pour la zone de carence a été définie par le minimum correspondant à l'effet de STEENBJERG alors que nous n'avons aucun symptôme visuel de carence en Ca et que nous faisons varier simultanément dans le milieu radiculaire les doses des 6 macro-éléments. Nous pensons, comme dans le cas du K, avoir une teneur trop élevée puisque les pieds les plus vigoureux des essais CSA 1967.2 et CSA 1967.3 ont une teneur en Ca inférieure à 0,67.

Pour le niveau critique, les pieds les plus vigoureux des différents essais ont des teneurs différentes les unes des autres. Dès lors nous ne pouvons préciser le niveau critique.

f) Le magnésium..  
.....

Le seuil de carence, déterminé dans l'essai CSA 1967.1 par le minimum relatif à l'effet de STEENBJERG est de 0,16 %, teneur inférieure aux niveaux critiques observés. Il est donc possible que cette teneur soit vraiment celle qui caractérise la zone de carence.

Sur trois des essais, le niveau critique oscille entre 0,35 et 0,46 ; sur le quatrième il est de 0,29. On peut alors admettre que le niveau critique oscille entre 0,30 et 0,46.

## 2. La quantité totale des 6 macro-éléments et l'équilibre cationique.

### 1°) L'équilibre cationique.

Dans l'essai CSA 1967.3, nous avons dans la feuille les proportions optimales suivantes : 35 à 45 % de K, 20 à 30 % de Ca et 30 à 40 % de Mg. Dans l'essai CSA 1967.1, l'optimum de rendement a pour équilibre cationique dans la feuille : 40,7 / 43,1 / 16,2. Ces deux essais étant les plus vigoureux que nous avons réalisés, nous pensons que l'expression des résultats par le mode de proportions centésimales n'est pas très précise.

### 2°) La quantité totale des 6 macro-éléments.

L'optimum est de 50,3 méq. dans l'essai CSA 1967.1 et de 51,6 méq. dans l'essai CSA 1967.3. Ces deux valeurs sont voisines et il est permis de penser que l'optimum de rendement s'obtient pour une quantité totale des 6 macro-éléments de 50 à 52 méq. pour 24 moitiés longitudinales de feuilles de l'épi principal.

D'autre part la quantité totale d'un élément dans la feuille est le produit de la teneur en cet élément en % du poids par le poids de la feuille. Il est sans doute possible de remplacer les deux variantes du schéma de SMITH par leur produit, à savoir la quantité totale d'un élément dans la feuille. Cela pourrait avoir trois avantages : le premier est que la quantité totale des 6 macro-éléments s'obtiendrait alors par simple addition de la quantité totale de chaque élément ; le deuxième est que la quantité totale d'un élément dans la feuille est moins sensible à l'heure de prélèvement foliaire que la teneur de cet élément en % du poids sec (18), d'où possibilité de prélever à toute heure de la journée ; le troisième enfin est que le diagnostic foliaire serait défini par la quantité totale d'un élément et la quantité totale des 6 macro-éléments au lieu de l'être par la teneur d'élément en % du poids sec, le poids de l'échantillon de feuilles et la quantité totale des 6 macro-éléments.

Dans le milieu radicaire, les proportions centésimales entre éléments et la dose totale d'aliments déterminent parfaitement la solution nutritive. Dans la feuille, les proportions centésimales ne semblent pas jouer un grand rôle ; par contre la quantité totale d'aliments, à l'instar de la solution nutritive, joue un rôle important.

## F. Conclusion.

Les caractéristiques du diagnostic foliaire peuvent se définir par le poids de l'échantillon de feuilles, la teneur en éléments minéraux en % du poids sec et la quantité totale des 6 macro-éléments dans la feuille.

Pour un échantillon de 24 moitiés longitudinales de feuilles de l'épi principal prélevées au stade de plein épanouissement des soies, un poids sec inférieur à 12 g dénote une carence, un poids compris entre 12 et 24 g une déficience et un poids supérieur à 24 g l'absence de carence et de déficience.

La carence est caractérisée par les teneurs au plus égales à : 2,65 % N ; 0,70 % K ou 0,16 % Mg ; la déficience par les teneurs : 2,80-3,60 % N ou 0,71-1,90 % K ; le niveau critique enfin par les teneurs : 4,10-4,30 % N ; 0,340-0,365 % S ; 0,720-0,845 % P ; 1,91-2,20 % K ou 0,30-0,46 % Mg.

La quantité totale des 6 macro-éléments dans un échantillon de 24 moitiés longitudinales est de 50 à 52 méq. pour un pied vigoureux.

Tels sont les résultats obtenus en culture sans sol. Il reste à les confronter avec les teneurs obtenues en culture sur sols fermes.

## II- ESSAIS EN CHAMPS

### A. Champs de paysans.

1. But. Il s'agit de pratiquer le diagnostic foliaire du maïs dans les champs des paysans des départements du Sud-Dahomey de façon à connaître l'état de "santé" minérale de ces champs, et à définir, si possible, à partir de là, les caractéristiques du diagnostic foliaire du maïs telles que la carence, la déficience et le niveau critique.

2. Conduite de l'essai. Elle a été définie dans des rapports antérieurs (15,16,17,20). Chez chaque encadreur agricole, nous avons pris au moins deux champs : le champ le plus pauvre et le champ le plus riche. Cela doit nous

---

(15) : page 2  
(16) : page 14  
(17) : page 19  
(20) : page 21

FIG. 25. Relation entre le rendement et la teneur foliaire en N dans les champs de paysans.

		Poids sec de l'échantillon de feuilles -							Y
		2,1 - 7,0	7,1 - 12,0	12,1 - 17,0	17,1 - 22,0	22,1 - 27,0	27,1 - 32,0	32,0 - 37,0	
Teneur en N en % du poids sec de la feuille.	1,65 - 2,08	1	2	3	4	5	6	7	18
	2,09 - 2,52	8	9	10	11	12	13	14	47
	2,53 - 2,96	15	14	17	18	19	20	21	61
	2,97 - 3,40	22	23	24	25	26	27	28	55
	3,41 - 3,84	29	30	31	32	33	34	35	51
	3,85 - 4,28	36	37	38	39	40	41	42	25
	4,29 - 4,72	43	44	45	46	47	48	49	2
	28	43	60	46	51	24	7	259	

X

Les nombres inscrits en haut des casiers à gauche sont les nos des casiers. Les nombres inscrits au milieu des casiers sont les fréquences correspondant à ces casiers. (Tableau de fréquence).

permettre en principe d'avoir toutes les gammes de fertilité, en tout cas l'étendue la plus large possible des variations des teneurs en éléments minéraux.

### 3. Interprétation.

#### 1°) Schéma de SMITH (11 ou 18), (fig. 25 à 30).

Ce schéma est bien respecté pour l'azote et le soufre (fig.25,26), un peu moins pour le potassium (fig.28) ; encore moins pour le P et Mg (fig.27, 30) ; et pas du tout pour le Ca ( fig.29). Bien sûr il s'agit d'une prospection de champ en champ et non d'un essai où nous avons fait varier la dose d'un élément. Le fait donc que ce schéma classique se soit/petit à petit vers une droite <sup>déformé</sup> parallèle à l'axe des ordonnées semble montrer que dans les champs prospectés, la marge de variation de certains éléments ( P, Mg et surtout Ca) reste petite. Il s'agit alors de savoir si les quantités de ces éléments dans le sol sont suffisantes pour la bonne nutrition du maïs. Cela explique en partie que les teneurs foliaires en P et Ca soient différentes en champ et en culture sans sol. Et si l'on admet que les teneurs en culture sans sol sont valables, les champs doivent être considérés comme déficients en P et Ca. On se demande aussi si cet état de choses n'est pas lié à l'existence d'un facteur limitant, le K par exemple, dont la teneur est en général nettement inférieure au niveau critique. On pourra aisément définir les caractéristiques du diagnostic foliaire dans le cas du N et du S où le schéma de SMITH a été respecté. Dans les autres cas, il y a de l'incertitude. C'est ainsi que nous pouvons noter les renseignements suivants :

#### a) Azote (fig. 25)

- carence : 2,09 à 2,52 % N ; poids de feuilles inférieur à 12 g.
- déficiencia : 2,53 à 3,40 % N ; poids de feuilles : 12 à 27 g.
- niveau critique : 3,41 à 3,84 % N ; poids de feuilles : 27 à 32 g.

FIG. 26. Relation entre le rendement et la teneur foliaire en S dans les champs de paysans (Tableau de fréquence)

		Poids sec de l'échantillon de feuilles.							Y
		2,1 - 7,0	7,1 - 12,0	12,1 - 17,0	17,1 - 22,0	22,1 - 27,0	27,1 - 32,0	32,1 - 37,0	
Teneur en S en % du poids sec de la feuille	- 0,171	1	2	3	4	5	6	7	16
	0,172 - 0,202	8	9	10	11	12	13	14	43
	0,203 - 0,233	15	16	17	18	19	20	21	44
	0,234 - 0,264	22	23	24	25	26	27	28	56
	0,265 - 0,295	29	30	31	32	33	34	35	63
	0,296 - 0,326	36	37	38	39	40	41	42	31
	0,327 - 0,357	43	44	45	46	47	48	49	6
		28	43	60	46	51	24	7	259

X

Un champ, le R 110.1 a pour teneur en S 0,138 et pour poids d'échantillon 12,1 - 17,0; il est le seul à être en deçà de l'intervalle de teneur en S 0,141 - 0,171.

b) Soufre (fig.26).  
.....

- carence : 0,172 à 0,202 % S : poids de feuilles inférieur à 12 g.
- déficience : 0,203 à 0,264 % S ; poids de feuilles : 12 à 22 g.
- niveau critique : 0,265 à 0,295 % S ; poids de feuilles : 22 à 27 g.

c) Phosphore (fig.27).  
.....

- carence : 0,241 à 0,295 % P : poids de feuilles inférieur à 27 g.
- déficience et niveau critique indéterminés.

d) Potassium (fig.28).  
.....

- carence : 0,77 à 1,13 % K ; poids de feuilles inférieur à 27 g.
- déficience et niveau critique indéterminés.

e) Calcium (fig.29).  
.....

- carence, déficience et niveau critique indéterminés.

f) Magnésium (fig.30).  
.....

- carence : 0,18 à 0,30 % Mg : poids de feuilles inférieur à 27 g.
- déficience et niveau critique indéterminés.

2°) Discussion.

a) Quelques modifications du schéma de SMITH.  
.....

- zone de carence. La zone  $\delta$  du schéma de SMITH (18) qui correspond à la zone de carence s'est allongée dans le cas de certains éléments au point même d'inclure la zone de déficience. C'est notamment le cas du K pour lequel les teneurs relatives à la zone b (fig.28) correspondent non pas aux pieds présentant en culture sans sol des symptômes visuels de carence en K, mais aux a pieds présentant plutôt des symptômes visuels de déficience (tableau XXIII). C'est également le cas du P et du Mg où des pieds fournissant des échantillons de feuilles de 27 g seraient considérés comme carencés alors que la carence en un élément donné entraîne nécessairement le nanisme des pieds.

FIG. 27. Relation entre le rendement et la teneur foliaire en P dans les champs de paysans. (Tableau de fréquence)

		Poids sec de l'échantillon de feuilles.							Y
		2,1 - 7,0	7,1 - 12,0	12,1 - 17,0	17,1 - 22,0	22,1 - 27,0	27,1 - 32,0	32,1 - 37,0	
Teneur en P en % du poids sec de la feuille	0,186 - 0,240	1	2	3	4	5	6	7	26
			5	8	7	5	1		
	0,241 - 0,295	8	9	10	11	12	13	14	90
		7	19	22	17	16	7	2	
	0,296 - 0,350	15	16	17	18	19	20	21	70
		7	7	18	13	14	9	2	
	0,351 - 0,405	22	23	24	25	26	27	28	44
		5	6	6	9	10	6	2	
0,406 - 0,460	29	30	31	32	33	34	35	15	
	2	1	5		5	1	1		
0,461 - 0,515	36	37	38	39	40	41	42	9	
	3	4	1		1				
0,516 -	43	44	45	46	47	48	49	5	
	4	1							
	28	43	60	46	51	24	7	259	
	X								

Un champ, le Q 15.2 a pour teneur en P 0,575 et pour poids d'échantillon 2,1-7,0; il est le seul à être au delà de l'intervalle de teneur en P 0,516 - 0,570.

Dans une expérience de ce genre où il s'agit d'une prospection de champ en champ, il ne faut pas s'attendre à avoir pour chaque élément minéral donné, le schéma classique de SMITH, sans doute à cause des facteurs limitants. Aussi faut-il être très prudent dans les interprétations.

- Le schéma de SMITH peut-il être une courbe fermée, par exemple une ellipse ? Dans le cas du S et du K notamment, les fréquences conditionnées au poids 7,1-12,0 et 12,1-17,0 ont une répartition bimodale. Et on peut se demander si le schéma de SMITH n'est pas une portion de courbe fermée. Cela rejoint un peu notre hypothèse d'une courbe elliptique (18). Mais en fait nous ne savons pas très bien à quoi peut correspondre dans nos champs non fumés la portion de courbe allant de la zone de STEENBERG à la zone de toxicité ou de consommation de luxe.

b) Comparaison des résultats en culture sans sol et en champ (tableau XXIII).

- Poids sec de l'échantillon de feuilles. En éliminant les cas où la zone b du schéma de SMITH s'étend sur la zone de déficience, on constate qu'un poids d'échantillon inférieur à 12 g correspond à une carence et un poids compris entre 12 et 24 g à une déficience aussi bien en culture sans sol qu'en champ.

- Teneurs en éléments minéraux.

. Zone de carence. Celle définie en champ pour K, Mg et peut-être P a été surestimée à cause de l'allure imprécise de la courbe de rendement en fonction de la teneur en élément minéral. Nous prendrons de préférence les chiffres obtenus en culture sans sol surtout pour K et Mg.

Pour l'azote, les résultats des deux méthodes s'accordent.

. Niveau critique. Pour N et S le niveau critique défini en champ est inférieur à celui défini en culture sans sol. Nous pensons que cet état de choses est lié au fait qu'en champ il y a des facteurs limitants comme les proportions entre éléments et la dose d'éléments. Ces facteurs éliminés, il est possible d'avoir les mêmes niveaux critiques qu'en culture sans sol. Dans un champ expérimental non fumé, nous avons obtenu (18) des teneurs en N et S qui

---

(18) : page 10, tableau XVI.

FIG. 28. Relation entre le rendement et la teneur foliaire en K dans les champs de paysans (tableau de fréquence).

		Poids sec de l'échantillon de feuilles							Y
		2,1 à 7,0	7,1 à 12,0	12,1 à 17,0	17,1 à 22,0	22,1 à 27,0	27,1 à 32,0	32,1 à 37,0	
Teneur en K en % du poids sec de la feuille	0,40 - 0,76	1 2	2 5	3 8	4 5	5 5	6 1	7 25	
	0,77 - 1,13	8 4	9 10	10 21	11 13	12 16	13 6	14 1	71
	1,14 - 1,50	15 11	16 8	17 12	18 13	19 10	20 5	21 1	60
	1,51 - 1,87	22 6	23 11	24 4	25 8	26 11	27 8	28 1	50
	1,88 - 2,24	29 4	30 3	31 11	32 3	33 8	34 2	35 3	34
	2,25 - 2,61	36	37 3	38 3	39 1	40 1	41 2	42	10
	2,62 -	43 1	44 3	45 1	46 3	47	48	49 1	9
		28	43	60	46	51	24	7	

X

Trois champs ont une teneur supérieure à 2,98. Ce sont les champs  
 P 33.3 ayant pour teneur en K 3,12 et pour poids de récolte 8,0g.  
 Q 22.2 ayant pour teneur en K 3,36 et pour poids de récolte 8,25g.  
 Q 22.3 ayant pour teneur en K 3,30 et pour poids de récolte 7,75g.

correspondent parfaitement au niveau critique défini en culture sans sol.

A part le niveau critique du P obtenu en culture sans sol, qui semble élevé, il nous paraît bon de conserver les niveaux critiques obtenus en culture sans sol comme gamme étalon susceptible d'être atteinte par un champ convenablement fumé.

c) Comparaison avec les résultats obtenus ailleurs.  
.....

- niveaux azotés.

. Sur la feuille de l'épi secondaire. TYNER (12,13 ; 1946) a proposé 3,10 % N comme niveau critique. BENNET et al. (1,1953) ont montré que le niveau critique varie entre 2,8 et 3,0 %. VIETS et al. (14,1954) ont trouvé 2,83 % comme niveau critique et 2,20 % comme seuil d'apparition des signes du manque d'azote.

. Sur la feuille de l'épi principal. DULAC (2,1955), pour un intervalle de rendement de 48 à 93 quintaux, a observé une variation de teneur en N de 2,30 à 3,50 % d'où il déduit une courbe de MITSCHERLICH laissant prévoir un niveau critique légèrement supérieur à 4,0 %.

. Discussion. Le niveau critique en N chez la feuille de l'épi secondaire est inférieur à celui déterminé chez la feuille de l'épi principal (tableau I). Le niveau critique prévu par DULAC est sensiblement le même que celui que nous avons observé en culture sans sol.

- niveaux soufrés.

A notre connaissance, il n'existe pas dans la bibliographie, de travail effectué sur le S.

- niveaux phosphorés.

. Sur la feuille de l'épi secondaire. TYNER (12,13 ; 1946) a fait des observations s'échelonnant entre 0,19 et 0,38 et a proposé comme niveau critique 0,315 %. DUMENIL (3,1961) a montré que le niveau critique dépendait de l'interaction N-P : pour un rendement considéré comme correspondant au niveau critique, au moment où la teneur en N varie de 2,81 à 3,22, le pourcentage de P passe de 0,334 à 0,288 %.



. Sur la feuille de l'épi principal. La littérature ne mentionne aucun travail.

. Discussion. La teneur en P dans la feuille de l'épi principal est inférieure à celle de la feuille de l'épi secondaire (tableau III). La teneur en P de la feuille de l'épi principal, observée dans les champs du Sud-Dahomey, s'échelonne entre 0,186 et 0,575 % (fig.27). Par rapport aux champs américains, les champs n'ont pas une teneur en P trop faible. Dès lors, on se demande s'il est nécessaire de vouloir atteindre en champ les teneurs phosphorées observées en culture sans sol où le niveau critique semble osciller entre 0,720 et 0,845%. Nous pensons que non.

- niveaux potassiques.

. Sur la feuille de l'épi secondaire. TYNER (12,13 ;1946) a étudié une gamme de teneurs allant de 0,7 à 2,0 % et a proposé comme niveau critique la teneur de 1,30 % en précisant que ce niveau pourrait être révisé.

. Sur la feuille de l'épi principal. Pour LOUE (9,1967), entre 0,4 et 1,0 % K, il y a la zone de carence; entre 1,0 et 1,6 %, la zone de déficience ; entre 1,7 et 2,0 la zone critique. Il note que le niveau critique en K dépend de l'alimentation en eau : dans les années les plus favorables, la zone critique peut être de 1,80 à 2,00 % ; dans le cas de sécheresse, elle peut tomber vers 1,30 à 1,40 % ; dans de bonnes conditions, elle peut être de 1,60 à 1,80 %.

. Discussion. Dans les conditions optimales d'absorption du K, les feuilles de l'épi principal et de l'épi secondaire ont sensiblement la même teneur en K ; dans les conditions défavorables, la feuille de l'épi secondaire a une teneur plus élevée que la feuille de l'épi principal (tableau IV).

L'échelle des valeurs préconisée par LOUE est légèrement différente de la nôtre. Mais comme nous l'avons obtenue en culture sans sol avec des symptômes visuels de carence et de déficience et qu'en champ nous avons observé des teneurs oscillant entre 0,40 et 3,36 % (fig.28), nous pensons que cette échelle peut être considérée comme valable pour nos climats. De toutes les façons, nous sommes tous deux d'accord qu'entre 1,90 et 2,0 %, on est dans la zone du niveau critique. Est-il nécessaire d'avoir une teneur en K de 2,20 % ?



Seule la rentabilité des fumures pourra permettre de se prononcer. Notons que sur des parcelles fumées en K, LOUE a obtenu des teneurs en K de 2,32 % (8,1965).

- Niveaux calciques et magnésiens.

Beaucoup d'auteurs ont mis en évidence des corrélations négatives élevées entre les teneurs en K et celles en Ca et Mg (9,1967). Mais les niveaux critiques de Ca et Mg ont été très peu étudiés.

Sur la plante entière, MELSTED (10, 1953) a obtenu une teneur de 0,2 % Ca sur les plantes montrant les symptômes typiques de déficience en Ca.

La teneur en Mg, associée aux symptômes catégoriques, serait de 0,06 % pour la sixième feuille, et inférieure à 0,10 % pour la première feuille au-dessous de l'épi (7,1963).

Les teneurs en Ca et Mg dans la feuille de l'épi principal sont légèrement inférieures à celles de la feuille de l'épi secondaire (tableau V et VI). Les teneurs que nous avons trouvées pour la carence magnésienne sont donc trop élevées.

3°) Résultat (tableau XXIII).

Les caractéristiques du diagnostic foliaire pour N et K déterminées en culture sans sol sont valables en champ, celles du S déterminées en culture sans sol et en champ sont également valables. Elles doivent constituer une gamme étalon nous permettant de contrôler la fertilité de nos champs. Par contre les teneurs magnésiennes définissant la carence sont élevées, celles du P définissant le niveau critique sont également élevées. Quant au Ca, nous n'avons aucune norme précise dans la littérature et nos champs, des plus pauvres aux plus riches, ont tous les mêmes teneurs foliaires en Ca.

Maintenant que nous disposons d'une norme de fertilité, comment relever le niveau de fertilité de nos champs pauvres?

4°) Correction des champs.

A part la Sous-Préfecture de l'Atlantique dans le Département de l'Ouémé où on constate un taux très faible de Mg, il est difficile de localiser

des zones de carence en un élément déterminé. Il me paraît donc illusoire de vouloir dresser une carte de carence ou de déficience en tel ou tel élément. Chaque champ doit avoir sa solution propre. Le tableau XXIV donne le degré de fertilité d'un certain nombre de champs choisis de façon à montrer la gamme de fertilité que l'on peut rencontrer.

La correction des champs sera basée sur le schéma de SMITH, qui est la relation entre le rendement et la teneur foliaire en un élément donné, la teneur foliaire étant elle-même supposée être une fonction plus ou moins simple de la concentration radiculaire en cet élément. Nous allons étudier d'abord les champs dont nous avons les teneurs foliaires en éléments minéraux et ensuite ceux dont nous n'avons aucune teneur en éléments.

a) Champs dont on dispose des analyses foliaires , par exemple les champs  
.....  
prospectés dans cette étude.  
.....

- Principe. Compte tenu du rendement et de la teneur foliaire en tel ou tel élément, chaque champ est localisé dans l'un des casiers des figures 25 à 30. Les teneurs observées pour chaque élément minéral étant réparties en 7 classes, les numéros des casiers d'une ligne indiquent la fertilité relative d'un élément par rapport à un autre. Par exemple dans le champ Q 54.3, les teneurs en N,S,P se classent respectivement dans les casiers 1, 8 et 29, ce qui veut dire que des 3 éléments, celui qui manque le plus est l'azote, ensuite vient le S et enfin le P ; dans le champ R 312,2, les teneurs en N, P, Mg se classent respectivement dans les casiers 9,16 et 2, ce qui veut dire que des 3 éléments, celui qui manque le plus est le Mg, ensuite vient l'azote puis enfin le P. Ainsi la répartition des casiers le long de l'axe des abscisses nous permet d'avoir les proportions relatives dans lesquelles il faut fournir les éléments déficients à la plante. Ces proportions trouvées, il nous restera la dose à fournir ; cette dose sera calculée en fonction des casiers de l'ordonnée.

- Mode de calcul. Nous allons admettre que les cinq premiers casiers le long de l'axe des abscisses et des ordonnées sont ceux qui ont besoin de correction ; les deux casiers terminaux sont supposés être convenablement fournis.

---

. Dose totale d'engrais. Elle se calcule à partir des lignes de l'ordonnée. Admettons que la dose d'engrais nécessaire aux sols les plus pauvres soit 5 000 éq./ha. On aura la dose nécessaire à un champ, en multipliant la dose maximale admise (ici 5 000 éq./ha) par le coefficient correspondant :

Ligne (n° de casier)	1	2	3	4	5
Coefficient	5/5	4/5	3/5	2/5	1/5
Dose d'engrais (éq./ha)	5 000	4 000	3 000	2 000	1 000

La dose à admettre pour les champs les plus pauvres sera déterminée à partir des expériences de l'I.R.A.T. Dès lors par une règle de trois, on aura les doses nécessaires aux différents champs.

. Proportions relatives. Elles se calculent à partir des colonnes de l'abscisse. Admettons que la dose maximale prévue pour un élément soit 100 éq. La dose de l'élément, compte tenu de la colonne où se trouve son casier, est la suivante :

Colonne (n° du casier)	1	8	15	22	29
Coefficient	5/5	4/5	3/5	2/5	1/5
Dose de l'élément	100	80	60	40	20

. Exemple. Correction du champ P 15.4 pour lequel les teneurs foliaires des 6 macro-éléments sont placées respectivement dans les casiers suivants :17, 31, 3,3,17,45.

. Dose d'engrais. Elle est de 3 000 éq./ha parce que tous les casiers énumérés se trouvent sur la ligne du casier 3.

. Proportions relatives entre éléments.

N	situé dans la colonne 15	donne	60 éq.
S	"	"	29 " 20 éq.
P	"	"	1 " 100 éq.
K	"	"	1 " 100 éq.
Ca	"	"	15 " 60 éq.
Mg	"	"	43 " 0 éq.

Si l'on peut fournir les 5 éléments comme engrais, les proportions relatives sont :

N	S	P	K	Ca
17,6	5,9	29,4	29,4	17,6

Si l'on ne peut fournir que N P K, les proportions seront :

N	P	K
23,1	38,5	38,5

- Limites de ce mode de calcul.

. La dose d'engrais correspondant au casier 1 a été donnée à priori. Il faut que l'I.R.A.T. nous donne la dose réelle qui convient aux champs les plus pauvres avant tout calcul.

. La méthode découle de l'exploitation des résultats des 259 champs prélevés pour le diagnostic foliaire. Elle n'a pas été encore appliquée. Il faudra attendre les résultats de son application pour savoir si elle nécessite des modifications. Par exemple, au lieu de corriger les teneurs qui tombent dans les cinq premières colonnes, on pourrait avoir à ne corriger que les colonnes qui précèdent celle où se situe le niveau critique. Mais cela demande que le niveau critique ne soit pas fluctuant, ce qui n'est pas vrai, et que ce niveau critique soit connu pour tous les éléments.

. Cette méthode de calcul est en principe correcte pour les champs situés en dehors de la zone de STEENBJERG. Quand le champ tombe dans la zone de STEENBJERG, on peut se demander si la méthode de calcul reste encore valable. L'ennui est qu'il est difficile de savoir, sans analyse du sol, si oui ou non une teneur foliaire élevée en un élément sur sol infertile correspond à une carence en cet élément. Par exemple le champ infertile Q 22.3 a une teneur potassique de 3,36 %. Faut-il le considérer comme carencé ou pas en K ? Regardons les casiers dans lesquels sont inscrits les teneurs des éléments. Ils sont respectivement les suivants : 23,16,37,44,16,2. Dans ce cas, la carence est magnésienne. Une fois cette carence corrigée, il nous sera aisé de voir si oui ou non la production s'élève/et si un autre apport d'engrais s'avère

nécessaire. Pour être vraiment embarré dans la zone de STEENBJERG, il faut que tous les éléments aient des teneurs élevées. Nous n'avons pas rencontré de tels cas. Et nous pensons que même dans la zone de STEENBJERG on peut appliquer la méthode de calcul. Evidemment, si après application des engrais la production reste stationnaire, il conviendrait alors de corriger par tâtons ou d'entreprendre des analyses du sol.

. Enfin cette méthode de calcul ne tient pas compte des interactions. En effet nous avons vu qu'il y a une interaction NP, NS, KCa, KMg. Pour remédier à ce mal on peut procéder par étape : une première fois fournir MPK et observer la production et les teneurs auxquelles on aboutit. Si ces production et teneurs ne sont pas correctes, alors seulement on fournira les autres éléments comme S, Ca, Mg.

b) Cas d'un champ dont on ne possède pas les teneurs foliaires. On peut s'y prendre de deux manières.

- La première consiste à voir les caractéristiques des champs étudiés dans la région et s'appuyer sur eux pour avoir une fumure en classant son champ dans la série des champs pauvres, moyens ou fertiles. Cela est important dans le cas où la région aurait une déficience particulière comme c'est le cas dans la Sous-Préfecture de l'Atlantique (Département de l'Ouémé) où il y a une carence magnésienne.

- La deuxième, beaucoup moins précise, consiste à prendre le poids sec de son échantillon, à se reporter sur les figures 25 à 30 pour déterminer les casiers dans lesquels se trouve la teneur la plus fréquente de l'élément considéré. Ensuite, on calcule les proportions centésimales et la dose d'engrais comme précédemment.

Pour le paysan qui n'a pas d'étuve, il peut prendre le poids frais, calculer le poids sec en admettant une teneur en eau de 80 %, puis se reporter sur les figures 25 à 30. L'inconvénient est que la teneur en eau peut varier, surtout en fonction de la concentration radiculaire en K, si souvent déficient dans nos champs.

4. Résultat. Les niveaux critiques déterminés en champ pour N, S, K, sont légèrement inférieurs à ceux déterminés en culture sans sol. Nous prendrons

comme niveaux critiques de ces éléments ceux observés en culture sans sol en estimant qu'un sol convenablement fumé peut atteindre ces normes. Ces niveaux critiques sont : 4,10-4,30 % N, 0,340-0,365 % S ; 1,91-2,20 % K. Pour les autres éléments, il nous a été difficile de nous prononcer. Notons que dans la littérature, à part deux publications sur le P, il n'y a rien sur le niveau critique de Ca et de Mg.

### B. Champ expérimental.

1. But . Il s'agit de comparer les teneurs en éléments minéraux de la feuille de l'épi principal chez plusieurs variétés.

2. Conduite de l'opération. Les analyses foliaires ont été faites sur les essais A 1966.2 et A 1967.1 dont les modes de réalisation ont été exposés dans des rapports antérieurs (16,17).

### 3. Interprétation (tableau XXV).

1°) En fonction de la longueur du cycle. Lorsque le cycle du maïs s'élève, les teneurs foliaires des anions N, S, P, décroissent tandis que celles des cations K, Ca, Mg peuvent être considérées comme stationnaires : les écarts des teneurs en Ca et Mg sont petits et ceux des teneurs en K aléatoires.

2°) En fonction de la saison (tableau XXV Bis). Les traitements 1 et 6 représentent les mêmes variétés dans les deux essais. En comparant leurs teneurs, on peut avoir une idée de la variation saisonnière. Sauf pour le P où on ne peut pas se prononcer, la teneur foliaire des macro-éléments s'élève de la première saison à la deuxième saison. Cela peut s'expliquer par un meilleur ensoleillement en deuxième saison. Toutefois ces résultats ne sont pas conformes à ceux déjà obtenus (18). Il est possible qu'en plus des variations saisonnières, il y ait des variations annuelles.

En outre le cycle du maïs se raccourcit d'environ 6-8 jours, soit d'une semaine, lorsqu'on passe de la première saison à la deuxième. Cela peut être lié à une certaine sécheresse trop souvent fréquente en deuxième saison :

---

(16) : pages 10-12.

(17) : pages 12-16

(18) : page 15, 1er paragraphe.

une plante qui vit dans des conditions écologiques défavorables précipite sa reproduction.

3°) Le niveau critique devant ces variations.

a) Fluctuations variétales. Comme les variations obtenues sont décroissantes lorsque le cycle s'allonge, on peut penser que la plante en grandissant a un besoin en éléments minéraux que le sol n'arrive plus à compenser. Si ce sol était convenablement fumé, il se pourrait que les teneurs foliaires soient les mêmes dans les plantes à cycle long et à cycle court. Nous ne pouvons donc pas, à partir de ces résultats, penser que le niveau critique dépende de la variété.

Par contre, lorsque nous rencontrerons sur la courbe de SMITH des figures 25 à 30 un maïs qui aurait des teneurs foliaires convenables et un rendement en deçà du palier de la courbe de MITSCHERLICH, nous dirons que ce maïs a un cycle court.

b) Variations saisonnières annuelles. Il semble qu'elles affectent sérieusement le niveau critique. En effet ce niveau critique a dû être déterminé au cours de certaines saisons et de certaines années. Il est donc lié aux variations de ces saisons et de ces années. Plus tard, dans les années de conditions climatiques différentes, le niveau ainsi déterminé ne correspondra plus au maximum de rendement. C'est ainsi que LOUE a montré que le niveau critique du K dépend du degré de sécheresse obtenu dans l'année (9,1967) : tantôt 1,30, tantôt 1,80, tantôt 2,00.

4. Résultat. Les teneurs foliaires dépendent des variétés, de la saison et sans doute de l'année. Le niveau critique, s'il n'est peut-être pas lié aux cycles des variétés, semble bien lié aux variations saisonnières et annuelles. Aussi faut-il ne pas le considérer comme une norme immuable, surtout s'il n'est défini que par la teneur en éléments minéraux en % du poids sec.

### III- C O N C L U S I O N

Vu l'imprécision qui s'attache au niveau critique défini seulement par la teneur en éléments minéraux, nous avons jugé bon d'adjoindre à cette teneur le poids sec de la feuille de l'épi principal.

Des résultats de 4 essais en culture sans sol et de 259 champs prélevés chez les paysans du Sud-Dahomey, il ressort ceci : pour 24 moitiés longitudinales de feuilles prélevées au stade de plein épanouissement des soies, un poids de feuilles inférieur à 12 g indique une carence, un poids de feuilles compris entre 12 et 24 g une déficience, enfin un poids de feuilles supérieur à 24 g une alimentation acceptable.

La carence est déterminée en outre par 2,09-2,65 % N, 0,172-0,202% S, 0,241-0,295% P, ou 0,40-0,70 % K ; la déficience par 2,70-3,60 % N, ou 0,71-1,90 % K ; le niveau critique par 4,10-4,30 % N, 0,340-0,365 % S, ou 1,91-2,20 % K.

Enfin, utilisant la relation rendement/teneur en éléments minéraux, nous avons proposé une méthode de calcul des besoins en fumure minérale à partir de l'analyse de la feuille.

Nous n'avons pu avoir des précisions sur le niveau critique du P, Ca et Mg. Cela pourrait faire l'objet d'études ultérieures.

COTONOU le 30 Juin 1968

E. DAGBA

## B I B L I O G R A P H I E

1. BENNETT WF, G. STANFORD, L. DUMENIL 1953 - Nitrogen, phosphorus and potassium content of the corn leaf and grain, as related to nitrogen fertilization and yield. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc- 17 : 252-258.
2. DULAC (J) 1955 - Diagnostic foliaire des céréales -III- Application de la relation azote-rendement au maïs -IV- Relation entre la teneur en azote de la feuille de l'épi, le rendement à l'hectare, le rendement par pied et la densité chez le maïs. C.R. Ac. Agri. Fr. -500-507.
3. DUMENIL L. 1961- Nitrogen and phosphorus composition of corn leaves and corn yields in relation to critical levels and nutrient balance. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 25 : 295-298.
4. FERRAND 1956 - Sur l'utilisation actuelle du diagnostic foliaire en Afrique. C.R. Ac. Agri. F. n° 16, 1956, p. 767-72.
5. HOMES (M.V.L.) et G.H.J. VAN SCHOOR 1966 - Alimentation minérale équilibrée des végétaux, vol. II.
6. LAVOLLAY (J). 1958 - Cours de nutrition minérale (3è cycle de Physiologie Végétale) à la Sorbonne.
7. LOUE (A). 1963- Contribution à l'étude de la nutrition cationique et plus particulièrement potassique du maïs. Fertilité n° 20, nov.-décembre 1963.
8. LOUE (A). 1965- Colloque régional de BELGRADE-octobre 1965.
9. LOUE (A). 1967- Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. TANANARIVE-19-25 nov. 1967.
10. MEISTED (S.W.). 1953 - Some observed calcium deficiencies in corn under field conditions. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 17 : 52-54.
11. SMITH (P.F.). 1962 - Mineral analysis of plant tissues. Ann. rev. of plant phys. vol. 13, 1962, page 81 à 108.
12. TYNER (E.H). 1946 - The relation of corn yields to leaf nitrogen, phosphorus and potassium content. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. (1946) 11 : 317-323.
13. TYNER E.H., J.R. WEBB 1946 - The relation of corn yields to nutrient balance, as revealed by leaf analysis. Journ. Amer. Soc. Agron. 38 : 173-185.
14. VIETS F.G., C.E. NELSON, C.L. CRAWFORD 1954 - The relationship among corn yields, leaf composition, and fertilizer applied. Soil. Sci. Soc. Amer. Proc. 18 : 297-301.

C O M M U N I C A T I O N   P E R S O N N E L L E

15. Rapport succinct des activités 1965-2 (2è saison 1965) ; mars 1966.
16. Rapport d'activités de la 2è saison 1966 ; mars 1967.
17. Rapport d'activités Physiologie, 1è saison 1967 ; déc. 1967.
18. L'analyse chimique des essais 1965 ; janvier 1968.
19. Résultat des analyses faites à LOME sur matériel végétal en 1966-67 ; mars 1968.
20. L'interprétation de récolte des essais de la 2è saison 1967 ; mai 1968.

Tableau I- Essai CSA 1967.1. Teneur en N en % de la feuille

rang de la feuille Trait.	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	1	2,45	2,40	2,32	1,92	1,75
2	2,63	2,55	2,46	2,20	2,26	12,10
3	3,01	2,90	2,71	2,57	2,46	13,65
4	3,18	3,10	3,26	3,06	2,99	15,59
5	3,64	3,48	3,55	3,58	3,41	17,66
6	3,52	3,59	3,54	3,51	3,46	17,62
7	3,62	3,66	3,93	3,76	3,66	18,63
Total	22,05	21,68	21,77	20,60	19,99	106,09

Tableau II- Essai CSA 1967.1. Teneur en S de la feuille en ‰ du poids sec.

rang de la feuille Trait.	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	1	,155	,232	,218	,198	,122
2	,165	,242	,225	,205	,174	1,011
3	,185	,263	,240	,232	,150	1,070
4	,340	,350	,339	,235	,240	1,504
5	,401	,386	,377	,322	,275	1,761
6	,375	,364	,354	,354	,270	1,717
7	,370	,365	,376	,345	,270	1,726
Total	1,991	2,202	2,129	1,891	1,501	9,714

Tableau III- Essai CSA 1967.1. Teneur en P en % de la feuille.

rang de la feuille Trait.	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	1	,295	,313	,340	,331	,343
2	,322	,340	,370	,379	,421	1,832
3	,385	,442	,485	,521	,593	2,426
4	,447	,465	,514	,492	,523	2,441
5	,498	,522	,566	,584	,616	2,786
6	,634	,648	,696	,748	,761	3,487
7	,602	,658	,710	,736	,749	3,455
Total	3,183	3,388	3,681	3,791	4,006	18,049

Tableau IV- Essai CSA 1967.1. Teneur en K en % de la feuille

rang de la feuille Trait.	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	1	1,68	1,69	1,65	1,54	1,75
2	1,51	1,54	1,67	1,40	1,50	7,62
3	1,59	1,53	1,55	1,41	1,53	7,61
4	1,90	1,65	2,05	1,92	1,97	9,49
5	2,00	1,59	1,80	2,05	2,02	9,46
6	1,81	1,66	1,95	1,90	1,81	9,13
7	1,75	1,64	1,87	1,70	1,88	8,84
Total	12,24	11,30	12,54	11,92	12,46	60,46

Tableau V - Essai CSA 1967.1. Teneur en Ca en % de la feuille.

rang de la feuille	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	Trait.					
1	,80	,73	,66	,67	,71	3,57
2	,66	,72	,68	,67	,75	3,48
3	,70	,71	,67	,72	,77	3,57
4	,76	,85	,86	,86	,89	4,22
5	,91	,94	,94	,99	,97	4,75
6	,84	,87	,83	,89	,95	4,38
7	,81	,89	,91	,92	,98	4,51
Total	5,48	5,71	5,55	5,72	6,02	28,48

Tableau VI- Essai CSA 1967.1. Teneur en Mg en % de la feuille.

rang de la feuille	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	Trait.					
1	,21	,18	,14	,17	,20	,90
2	,16	,15	,16	,16	,19	,82
3	,17	,19	,17	,18	,21	,92
4	,25	,27	,28	,25	,28	1,33
5	,26	,26	,25	,29	,30	1,36
6	,25	,26	,24	,26	,28	1,29
7	,22	,26	,23	,21	,30	1,22
Total	1,52	1,57	1,47	1,52	1,76	7,84

Tableau VII- Essai CSA 1967.1. Comparaison des teneurs en éléments minéraux dans les deux moitiés longitudinales de la feuille de l'épi principal

Elément	i = traitement		4		6		Total	
	j = moitié		simple	bis	simple	bis	simple	bis
N	2,20	2,22	3,06	3,05	3,51	3,52	8,77	8,79
S	0,205	0,205	0,235	0,322	0,354	0,350	0,794	0,877
P	0,379	0,380	0,492	0,513	0,748	0,720	1,619	1,613
K	1,40	1,33	1,92	1,97	1,90	1,92	5,22	5,22
Ca	0,67	0,67	0,86	0,88	0,89	0,92	2,42	2,47
Mg	0,16	0,16	0,25	0,26	0,26	0,28	0,67	0,70

Tableau VIII- Essai CSA 1967.1. Quantité totale d'éléments et proportions centésimales.

Feuille	Ions Trait.	Quantité de mg. pour 100 g de feuilles sèches							Proportions centésimales					
		NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Total	N	S	P	K	Ca	Mg
- 3	1	39,2	3,2	3,0	43,0	40,0	17,4	145,8	26,9	2,2	2,1	29,5	27,4	11,9
	2	42,1	3,4	3,3	38,7	33,0	13,3	133,8	31,5	2,5	2,5	28,9	24,7	9,9
	3	48,2	3,8	3,9	40,7	35,0	14,1	145,7	33,1	2,6	2,7	27,9	24,0	9,7
	4	50,9	7,1	4,6	48,6	38,0	20,7	169,9	30,0	4,2	2,7	28,6	22,4	12,1
	5	58,2	8,3	5,1	51,2	45,5	21,6	189,9	30,6	4,4	2,7	26,9	24,0	11,4
	6	56,3	7,8	6,5	46,3	42,0	20,7	179,6	31,3	4,3	3,6	25,8	23,4	11,6
	7	57,9	7,7	6,2	44,8	40,5	18,3	175,4	33,0	4,4	3,5	25,5	23,1	10,5
	Total	352,8	41,3	32,6	313,3	274,0	126,1	1140,1	216,4	24,6	19,8	193,1	169,0	77,1
- 2	1	38,4	4,8	3,2	43,3	36,5	14,9	141,1	27,2	3,4	2,3	30,7	25,9	10,5
	2	40,8	5,0	3,5	39,4	36,0	12,5	137,2	29,7	3,6	2,6	28,7	26,2	9,2
	3	46,4	5,5	4,6	39,2	35,5	15,8	147,0	31,6	3,7	3,1	26,7	24,1	10,8
	4	49,6	7,3	4,8	42,2	42,5	22,4	168,8	29,4	4,3	2,8	25,0	25,2	13,3
	5	55,7	8,0	5,4	40,7	47,0	21,6	178,4	31,2	4,5	3,0	22,8	26,3	12,2
	6	57,4	7,6	6,7	42,5	43,5	21,6	179,3	32,0	4,2	3,7	23,7	24,3	12,1
	7	58,6	7,6	6,8	42,0	44,5	21,6	181,1	32,3	4,2	3,7	23,2	24,6	12,0
	Total	346,9	45,8	35,0	289,3	285,5	130,4	1132,9	213,4	27,9	21,2	180,8	176,6	80,1

Tableau VIII- Essai CSA 1967.1. Quantité totale d'éléments et proportions centésimales (Suite et fin).

Feuille	Quantité de néq. pour 100 g. de feuilles sèches								Proportions centésimales					
	Ions NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>=</sup>	PO <sub>4</sub> H <sub>2</sub> <sup>-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Total	N	S	P	K	Ca	Mg	
- 1	Trait.													
	1	37,1	4,5	3,5	42,2	33,0	11,6	131,9	28,1	3,4	2,6	32,0	25,0	8,9
	2	39,4	4,7	3,8	42,8	34,0	13,3	138,0	28,6	3,4	2,8	31,0	24,6	9,6
	3	43,4	5,0	5,0	39,7	33,5	14,1	140,7	30,8	3,6	3,6	28,2	23,8	10,0
	4	52,1	7,0	5,3	52,5	43,5	23,2	183,6	28,4	3,8	2,9	28,6	23,7	12,6
	5	56,8	7,8	5,8	46,1	47,0	20,7	184,2	30,8	4,2	3,2	25,0	25,5	11,3
	6	56,6	7,4	7,2	49,9	41,5	19,9	182,5	31,0	4,1	4,0	27,3	22,7	10,9
	7	62,9	7,8	7,3	47,9	45,5	19,1	190,5	33,0	4,1	3,8	25,2	23,9	10,0
	Total	348,3	44,2	37,9	321,1	278,0	121,9	1151,4	210,7	26,6	22,9	197,3	169,0	73,3
0	1	30,7	4,1	3,4	39,4	33,5	14,1	125,2	24,5	3,3	2,7	35,5	26,8	11,2
	2	35,2	4,3	3,9	35,8	33,5	13,3	126,0	27,9	3,4	3,1	28,4	26,6	10,6
	3	41,1	4,8	5,4	36,1	36,0	14,9	138,3	29,7	3,5	3,9	26,1	26,0	10,8
	4	49,0	4,9	5,1	49,2	43,0	20,7	171,9	28,5	2,8	3,0	28,6	25,0	12,0
	5	57,3	6,7	6,0	52,5	49,5	24,1	196,1	29,2	3,4	3,1	26,8	25,2	12,3
	6	56,2	7,4	7,7	48,6	44,5	21,6	186,0	30,3	4,0	4,1	26,1	23,9	11,6
	7	60,1	7,2	7,6	43,5	46,0	17,4	181,8	33,1	4,0	4,2	23,9	25,3	9,5
		Total	329,6	39,4	39,1	305,1	286,0	126,1	1125,3	203,2	24,4	24,1	195,4	178,8
+ 1	1	28,0	2,5	3,5	44,8	35,5	16,6	130,9	21,4	1,9	2,7	34,2	27,1	12,7
	2	36,2	3,6	4,3	38,4	37,5	15,8	135,8	26,7	2,7	3,2	28,3	27,6	11,6
	3	39,4	3,1	6,1	39,2	38,5	17,4	143,7	27,4	2,2	4,2	27,3	26,8	12,1
	4	47,8	5,0	5,4	50,4	44,5	23,2	176,3	27,1	2,8	3,1	28,6	25,2	13,2
	5	54,6	5,7	6,3	51,7	48,5	24,9	191,7	28,5	3,0	3,3	27,0	25,2	13,0
	6	55,4	5,6	7,8	46,3	47,5	23,2	185,8	29,8	3,0	4,2	24,9	25,6	12,5
	7	58,6	5,6	7,7	48,1	49,0	24,9	193,9	30,2	2,9	4,0	24,8	25,3	12,8
		Total	320,0	31,1	41,1	318,9	301,0	146,0	1158,1	191,1	18,5	24,7	195,1	182,8

Tableau IX - Essai CSA 1967.1. Quantité de nég. pour 100 g. de feuilles sèches: total des 7 traitements.

rang feuille	Ions						Total
	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{=}$	$\text{PO}_4\text{H}_2^-$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{++}$	$\text{Mg}^{++}$	
- 3	352,8	41,3	32,6	313,3	274,0	126,1	1 140,1
- 2	346,9	45,8	35,0	289,3	285,5	130,4	1 132,9
- 1	348,3	44,2	37,9	321,1	278,0	121,9	1 151,4
0	329,6	39,4	39,1	305,1	286,0	126,1	1 125,3
+ 1	320,0	31,1	41,1	318,9	301,0	146,0	1 158,1
Total	1 697,6	201,8	185,7	1 547,7	1 424,5	650,5	5 707,8

Tableau X - Essai CSA 1967.1. Quantité totale en nég. pour 100 g de feuilles sèches des 6 macro-éléments courants

rang feuille	Trait.							Total
	1	2	3	4	5	6	7	
- 3	145,8	133,8	145,7	169,9	189,9	179,6	175,4	1 140,1
- 2	141,1	137,2	147,0	168,8	178,4	179,3	181,1	1 132,9
- 1	131,9	138,0	140,7	183,6	184,2	182,5	190,5	1 151,4
0	125,2	126,0	138,3	171,9	196,1	186,0	181,3	1 125,3
+ 1	130,9	135,8	143,7	176,3	191,7	185,8	193,9	1 158,1
Total	674,9	670,8	715,4	870,5	940,3	913,2	922,7	5 707,8

Tableau XI- Essai CSA 1967.1. Proportions centésimales moyennes.

Trait.	Elément						
	N	S	P	K	Ca	Mg	
- 3	30,9	3,5	2,8	27,6	24,2	11,0	
- 2	30,5	4,0	3,0	25,8	25,2	11,5	
- 1	30,1	3,8	3,3	28,2	24,1	10,5	
0	29,0	3,5	3,4	27,9	25,5	11,1	
+ 1	27,3	2,6	3,5	27,9	26,1	12,6	

Tableau XII - Essai CSA 1967.1. Poids sec de l'échantillon de feuilles prélevées (g) dans le bloc I.

rang de la feuille Trait.	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	Total
	1	1,25	2,50	4,00	4,75	5,75
2	3,75	6,00	7,50	9,50	10,25	37,00
3	4,50	6,50	8,75	9,50	10,75	40,00
4	6,50	9,00	10,50	13,00	14,00	53,00
5	7,00	9,25	11,10	12,50	13,50	53,35
6	8,75	11,00	12,25	14,75	15,00	61,75
7	9,75	12,00	14,00	15,00	16,50	67,25
Total	41,50	56,25	68,10	79,00	85,75	330,60

Tableau XIII N - Essai CSA 1967.2. N en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
Blocs I	2,59	3,34	3,65	4,04	4,25	4,23	4,14	4,12	30,36
II	2,65	3,21	3,76	4,18	4,15	4,38	4,42	4,15	30,90
III	2,60	2,83	3,76	4,12	4,31	4,16	4,16	4,26	30,20
Totaux	7,84	9,38	11,17	12,34	12,71	12,77	12,72	12,53	91,46

Tableau XIII NH<sub>3</sub> - Essai CSA 1967.2. NH<sub>3</sub> en %.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
Blocs I	0,0307	0,0395	0,0169	0,0222	0,0502	0,0207	0,0182	0,0207	0,2191
II	0,0270	0,0169	0,0163	0,0144	0,0232	0,0237	0,0232	0,0584	0,2031
III	0,0307	0,0131	0,0169	0,0182	0,0169	0,0213	0,0237	0,0243	0,1651
Totaux	0,0884	0,0695	0,0501	0,0548	0,0903	0,0657	0,0651	0,1034	0,5873

Tableau XIII S. Essai CSA 1967.2. S en % du poids sec

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	,245	,255	,305	,314	,334	,282	,349	,340	2,424
II	,243	,266	,293	,315	,335	,342	,339	,340	2,473
III	,215	,248	,300	,320	,347	,330	,337	,329	2,426
Totaux	,703	,769	,898	,949	1,016	,954	1,025	1,009	7,323

Tableau XIII P. Essai CSA 1967.2. P en % du poids sec

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	,834	,677	,675	,677	,728	,692	,805	,787	5,875
II	,505	,490	,643	,827	,779	,769	,744	,856	5,613
III	,856	,581	,621	,757	,720	,616	,753	,807	5,691
Totaux	2,195	1,748	1,939	2,261	2,227	2,077	2,282	2,450	17,179

Tableau XIII K. Essai CSA 1967.2. K en % du poids sec

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	2,74	2,42	2,40	2,25	2,65	2,35	2,58	2,61	20,00
II	2,43	2,29	2,66	2,33	2,62	2,21	2,27	2,59	19,40
III	2,40	2,73	2,39	2,05	2,57	2,37	2,37	2,37	19,25
Totaux	7,57	7,44	7,45	6,63	7,84	6,93	7,22	7,57	58,65

Tableau XIII Ca. Essai CSA 1967.2. Ca en % du poids sec.

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	,59	,55	,47	,38	,29	,36	,25	,29	3,18
II	,45	,46	,43	,43	,29	,38	,33	,26	3,03
III	,55	,54	,49	,34	,30	,28	,27	,23	3,00
Totaux	1,59	1,55	1,39	1,15	,88	1,02	,85	,78	9,21

Tableau XIII Mg. Essai CSA 1967.2. Mg en % du poids sec.

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	,23	,28	,36	,38	,44	,42	,40	,39	2,90
II	,16	,28	,40	,32	,37	,42	,36	,46	2,77
III	,24	,27	,38	,35	,38	,41	,45	,43	2,91
Totaux	,63	,83	1,14	1,05	1,19	1,25	1,21	1,28	8,58

Tableau XIV. Essai CSA 1967.2. Poids sec (g) de l'échantillon de feuilles prélevées pour D.F. (10 moitiés longitudinales de la feuille de l'épi principal).

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	4,50	7,80	8,10	7,60	9,00	8,00	8,50	7,25	60,75
II	5,50	7,75	7,50	7,00	9,50	9,50	8,25	8,50	63,50
III	5,25	7,25	8,50	7,50	9,50	8,25	7,00	8,50	61,75
Totaux	15,25	22,80	24,10	22,10	28,00	25,75	23,75	24,25	186,00

Tableau XV. Essai CSA 1967.2. Quantités en még. et proportions centésimales.

		Quantité en még. pour 100 g de feuilles sèches						Proportions centésimales						
Élé- ments	Trait.	N	S	P	K	Ca	Mg	Total	N	S	P	K	Ca	Mg
		1	41,8	4,9	7,5	64,6	26,5	17,4	162,7	25,7	3,0	4,6	39,7	16,3
2	50,0	5,5	6,0	63,5	25,8	22,9	173,5	28,8	3,1	3,5	36,6	14,9	13,1	
3	59,6	6,2	6,6	63,5	23,2	31,5	190,6	31,3	3,3	3,5	33,3	12,1	16,5	
4	65,8	6,6	7,8	56,6	19,2	29,1	185,1	35,5	3,6	4,2	30,6	10,4	15,7	
5	67,8	7,0	7,6	66,9	14,7	32,9	196,9	34,4	3,6	3,8	34,0	7,5	16,7	
6	68,1	7,0	7,1	59,2	17,0	34,6	193,0	35,3	3,6	3,7	30,7	8,8	17,9	
7	67,8	7,1	7,8	61,6	14,2	33,5	192,0	35,3	3,7	4,1	32,1	7,4	17,4	
8	66,8	7,0	8,4	64,6	13,0	35,4	195,2	34,2	3,6	4,3	33,1	6,7	18,1	

..../..

Tableau XVI N. Essai CSA 1967.3. N en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	3,97	4,16	4,19	4,37	4,23	4,44	4,16	4,22	33,74
II	4,04	4,18	4,24	4,21	4,29	4,31	4,16	4,29	33,72
III	4,14	4,06	3,93	4,42	4,13	4,12	4,21	4,25	33,26
Totaux	12,15	12,40	12,36	13,00	12,65	12,87	12,53	12,76	100,72

Tableau XV. Essai CSA 1967.2. Quantité en nég. et proportions centésimales  
(Suite et fin)

Elé- ments Trait.	Anions			Cations			A/C	Proportion particulière		
	N	S	P	K	Ca	Mg		N	P	K
1	77,2	9,0	13,8	59,5	24,4	16,1	0,50	36,7	6,6	56,7
2	81,4	8,8	9,8	56,7	23,1	20,2	0,55	41,8	5,1	53,1
3	82,2	8,7	9,1	53,8	19,5	26,7	0,62	46,0	5,1	48,9
4	82,0	8,3	9,7	54,0	18,3	27,7	0,76	50,5	6,0	43,5
5	82,3	8,6	9,1	58,4	12,9	28,7	0,72	47,6	5,3	47,1
6	82,9	8,5	8,6	53,5	15,3	31,2	0,74	50,6	5,4	44,0
7	81,9	8,6	9,5	56,4	13,0	30,6	0,76	49,4	5,7	44,9
8	81,2	8,6	10,2	57,2	11,6	31,2	0,73	47,8	6,0	46,2

Tableau XVI S. Essai CSA 1967.3. S en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	,344	,348	,338	,353	,364	,363	,348	,353	2,811
II	,315	,326	,325	,371	,348	,341	,338	,341	2,705
III	,356	,326	,318	,356	,338	,327	,371	,339	2,731
Totaux	1,015	1,000	,981	1,080	1,050	1,031	1,057	1,033	8,247

Tableau XVI P. Essai CSA 1967.3. P en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	1,708	1,854	1,807	1,398	1,054	,845	,715	,703	10,084
II	1,872	2,079	1,803	1,383	1,232	,831	,677	,571	10,448
III	1,906	1,955	1,675	1,477	1,305	,764	,875	,625	10,582
Totaux	5,486	5,888	5,285	4,258	3,591	2,440	2,267	1,899	31,114

Tableau XVI K. Essai CSA 1967.3. K en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
I	0,54	0,65	0,90	1,35	1,89	2,12	2,35	2,37	12,17
II	0,53	0,57	0,77	1,12	1,69	1,90	2,23	2,42	11,23
III	0,67	0,63	0,69	1,39	1,87	1,78	2,39	2,33	11,75
Totaux	1,74	1,85	2,36	3,86	5,45	5,80	6,97	7,12	35,15

Tableau XVI Ca. Essai CSA 1967.3. Ca en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
Blocs									
I	,98	,98	,88	,70	,73	,62	,53	,38	5,80
II	,80	,80	,80	,60	,65	,53	,42	,39	4,99
III	,87	,92	,80	,68	,55	,46	,62	,38	5,28
Totaux	2,65	2,70	2,48	1,98	1,93	1,61	1,57	1,15	16,07

Tableau XVI Mg. Essai CSA 1967.3. Mg en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	7	8	Totaux
Blocs									
I	,68	1,02	,98	,83	,67	,46	,42	,30	5,36
II	,99	,98	1,01	,93	,63	,45	,36	,29	5,64
III	,80	1,06	1,11	,87	,69	,46	,47	,35	5,81
Totaux	2,47	3,06	3,10	2,63	1,99	1,37	1,25	,94	16,81

Tableau XVII- Essai CSA 1967.3. Quantité en még. et proportions centésimales.

Elé- ments Trait.	Quantité en még. pour 100 g de feuilles sèches							Proportions centésimales					
	N	S	P	K	Ca	Mg	Total	N	S	P	K	Ca	Mg
1	64,8	7,0	18,8	14,8	44,1	68,3	217,8	29,8	3,3	8,6	6,8	20,2	31,3
2	66,1	6,9	20,2	15,8	45,0	84,6	238,6	27,7	3,0	8,5	6,6	18,8	35,4
3	65,9	6,8	18,1	20,1	41,3	85,7	237,9	27,7	2,9	7,6	8,4	17,4	36,0
4	69,3	7,5	14,6	32,9	33,0	72,8	230,1	30,1	3,4	6,3	14,3	14,3	31,6
5	67,5	7,3	12,3	46,5	32,2	55,1	220,9	30,6	3,3	5,6	21,0	14,6	24,9
6	68,6	7,1	8,4	49,5	26,8	37,9	198,3	34,6	3,6	4,2	25,0	13,5	19,1
7	66,8	7,3	7,8	59,5	26,2	34,6	202,2	33,0	3,8	3,8	29,4	12,9	17,1
8	68,1	7,2	6,5	60,8	19,2	26,0	187,8	36,3	3,8	3,5	32,4	10,2	13,8

Tableau XVII - Essai CSA 1967.3. Quantité en még. et proportions centésimales (suite et fin)

Elé- ments Trait.	Anions			Cations			A/C	Proportion particulière		
	N	S	P	K	Ca	Mg		N	P	K
1	71,5	7,9	20,6	11,7	34,6	53,7	0,72	65,9	19,0	15,1
2	70,7	7,6	21,7	10,9	30,9	58,2	0,64	64,7	19,9	15,4
3	72,5	7,6	19,9	13,5	28,2	58,3	0,62	63,4	17,4	19,2
4	75,6	8,6	15,8	23,7	23,8	52,5	0,66	59,4	12,4	28,2
5	77,5	8,3	14,2	34,7	24,1	41,2	0,65	53,5	9,8	36,7
6	81,6	8,5	9,9	43,4	23,4	33,2	0,74	54,2	6,6	39,2
7	81,3	9,3	9,4	49,5	21,7	28,8	0,68	49,8	5,8	44,4
8	83,2	8,7	8,1	57,4	18,1	24,5	0,77	50,3	4,8	44,9

Tableau XVIII - Essai CSA 1967.3. Poids sec (g) des échantillons de feuilles  
( = 10 moitiés longitudinales)

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	7	8
I	4,40	6,10	7,75	9,25	9,10	10,40	9,75	10,00
II	5,60	6,40	8,50	9,10	9,90	9,90	10,60	9,25
III	6,00	6,90	8,30	9,00	10,25	10,25	9,60	10,12
Total	16,00	19,40	24,55	27,35	29,25	30,55	29,95	29,37

Tableau XIX N- Essai CSA 1967.4. N en % du poids sec.

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	Totaux
I	2,63	3,98	3,58	4,21	2,67	3,16	20,23
II	3,66	3,50	4,20	4,04	3,89	2,65	21,94
III	3,62	4,13	4,06	3,80	3,69	3,68	22,98
Totaux	9,91	11,61	11,84	12,05	10,25	9,49	65,15

Tableau XIX S.- Essai CSA 1967.4. S en % du poids sec.

Trait. / Blocs	1	2	3	4	5	6	Totaux
I	,244	,346	,280	,325	,301	,318	1,814
II	,310	,293	,330	,339	,332	,325	1,929
III	,304	,326	,340	,328	,338	,329	1,965
Totaux	,858	,965	,950	,992	,971	,972	5,708

Tableau XIX I - Essai CSA 1967.4. P en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	Totaux
Blocs							
I	,370	,359	,391	,464	,729	1,404	3,717
II	,392	,403	,408	,489	,662	1,338	3,692
III	,366	,392	,402	,477	,668	1,385	3,690
Totaux	1,128	1,154	1,201	1,430	2,059	4,127	11,099

Tableau XIX K- Essai CSA 1967.4. K en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	Totaux
Blocs							
I	2,95	2,64	2,71	2,54	2,68	2,33	15,85
II	2,58	2,84	2,51	2,65	2,37	2,53	15,48
III	3,00	2,71	2,53	2,77	2,70	2,25	15,97
Totaux	8,53	8,19	7,75	7,97	7,75	7,11	47,30

Tableau XIX Ca- Essai CSA 1967.4. Ca en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	Totaux
Blocs							
I	,52	,63	,70	,86	,90	1,04	4,65
II	,66	,70	,68	,81	,82	,94	4,61
III	,63	,69	,73	,75	,81	,98	4,59
Totaux	1,81	2,02	2,11	2,42	2,53	2,96	13,85

Tableau XIX Mg - Essai CSA 1967.4. Mg en % du poids sec.

Trait.	1	2	3	4	5	6	Totaux
Blocs							
I	,31	,30	,38	,39	,62	,61	2,61
II	,34	,36	,34	,44	,47	,51	2,46
III	,42	,33	,29	,45	,52	,48	2,49
Totaux	1,07	0,99	1,01	1,28	1,61	1,60	7,56

Tableau XX - Essai CSA 1967.4. Quantité en méq. et proportions centésimales.

		Quantité en méq. pour 100 g de feuilles sèches						Proportions centésimales						
Élé- ments	Trait.	N	S	P	K	Ca	Mg	Total	N	S	P	K	Ca	Mg
		1	52,9	5,9	3,9	72,8	30,2	29,6	195,3	27,1	3,0	1,9	37,3	15,5
2	61,9	6,7	4,0	69,9	33,7	27,4	203,6	30,4	3,3	1,9	34,3	16,6	13,5	
3	63,1	6,6	4,1	66,1	35,2	27,9	203,0	31,1	3,3	2,0	32,6	17,3	13,7	
4	64,3	6,9	4,9	68,0	40,3	35,4	219,8	29,3	3,1	2,3	30,9	18,3	16,1	
5	54,7	6,7	7,1	66,1	42,2	44,5	221,3	24,7	3,0	3,2	29,9	19,1	20,1	
6	50,6	6,7	14,2	60,7	49,3	44,3	225,8	22,4	3,0	6,3	26,9	21,8	19,6	

Tableau XX - Essai CSA 1967.4. Quantité en méq. et proportions centésimales (Suite et fin).

		Anions			Cations			A/C	Proportion particulière		
Élé- ments	Trait.	N	S	P	K	Ca	Mg		N	P	K
		1	84,7	9,4	5,9	54,9	22,8	22,3	0,47	40,9	2,8
2	85,4	9,3	5,3	53,3	25,8	20,9	0,55	45,6	2,9	51,5	
3	85,4	9,1	5,5	51,3	27,2	21,5	0,57	47,3	3,1	49,6	
4	84,4	8,9	6,7	47,3	28,0	24,7	0,53	46,9	3,7	49,4	
5	79,3	9,7	10,4	43,3	27,6	29,1	0,45	42,7	5,6	51,7	
6	70,7	9,4	19,9	39,4	31,9	28,7	0,46	40,3	11,3	48,4	

Tableau XXI - Essai CSA 1967.4. Poids sec (g) des échantillons de feuilles prélevées (= 10 moitiés longitudinales).

Blocs	Trait.	1	2	3	4	5	6
	I	4,30	10,60	6,75	9,90	5,40	6,10
II	6,60	7,20	9,50	9,60	9,10	4,25	
III	7,20	7,90	9,60	10,40	9,00	8,10	

Tableau XXII - Caractéristiques du diagnostic foliaire du maïs.

		Teneur en éléments minéraux en % du poids sec						Poids de 24 moitiés
		N	S	P	K	Ca	Mg	longitudina- les des feuilles
Essai CSA 1967.1	Zone de carence	1,92 - 2,57			1,38	0,67	0,16	17
	Zone de déficience	3,06 - 3,60						
	Niveau critique	3,76	0,354	0,748	2,05	0,99	0,29	28
	Zone de conso. de luxe							
	Zone de toxicité							
Essai CSA 1967.2	Zone de carence	2,59 - 2,65						13
	Zone de déficience	2,83 - 3,34						
	Niveau critique	4,15 - 4,30	0,335-0,345	0,720-0,780	2,55 - 2,65	0,29 - 0,30	0,35 - 0,45	23
	Zone de conso. de luxe							
	Zone de toxicité	4,30 - 4,42						
Essai CSA 1967.3	Zone de carence				0,50 - 0,70			9 à 12
	Zone de déficience				0,71 - 1,90			12 à 24
	Niveau critique	4,12 - 4,44	0,340-0,365	0,765-0,845	1,90 - 2,20	0,46 - 0,62	0,45 - 0,46	> 24
	Zone de conso. de luxe				2,20 - 2,30			> 24
	Zone de toxicité				2,30			
Essai CSA 1967.4	Zone de carence							
	Zone de déficience							
	Niveau critique	3,80 - 4,20	0,325-0,340	0,465-0,490	2,54 - 2,78	0,75 - 0,86	0,39 - 0,45	24 à 25
	Zone de conso. de luxe							
	Zone de toxicité							
Standard	Zone de carence	2,65	-	-	0,70	-	0,16	≤ 12
	Zone de déficience	2,80 - 3,60	-	-	0,71 - 1,90	-	-	12 - 24
	Niveau critique	4,10 - 4,30	0,340-0,365	0,720-0,845	1,91 - 2,20	-	0,30 - 0,46	> 24
	Zone de conso. de luxe	-	-	-	2,20 - 2,30	-	-	> 24
	Zone de toxicité	-	-	-	2,30	-	-	-

Tableau XXIII - Caractéristiques comparées du diagnostic foliaire en culture sans sol et en champ.

Milieu	Zone	Teneur en éléments minéraux en % du poids sec						Poids de l'échantillon de feuilles
		N	S	P	K	Ca	Mg	
Culture sans sol	Zone de carence	2,65			0,70	-	0,16	≤ 12
	Zone de déficience	2,80-3,60			0,71- 1,90	-	-	12 - 24
	Niveau critique	4,10-4,30	0,340-0,365	0,720-0,845	1,91- 2,20	-	0,30-0,46	≥ 24
	Zone de consom. de luxe	-	-	(0,400-0,485)	2,20- 2,30	-	-	> 24
	Zone de toxicité	-	-	-	2,30	-	-	-
Champ	Zone de carence	2,09-2,52	0,172-0,202	0,241-0,295	0,77- 1,13	-	0,18-0,30	≤ 12
	Zone de déficience	2,53-3,40	0,203-0,264	-	-	-	-	12 - 24
	Niveau critique	3,41-3,84	0,265-0,295	-	-	-	-	≥ 24
	Zone de consom. de luxe	-	0,296-0,357	-	-	-	-	-
	Zone de toxicité	3,85-4,72	-	-	-	-	-	-

**Tableau XXIV-** Numéros des casiers dans la relation rendement /teneur foliaire en éléments minéraux dans quelques champs de paysans.

Sous-Préfecture	Villages	Echantillon	N	S	P	K	Ca	Mg
OUIDAH	<b>AGONKANMEY</b>	P 17.1	35	42	21	21	28	21
AZOVE	HOUNGBEZANMEY	S 25.1	42	42	35	49	14	21
ALLADA	AGBANOU	P 31.4	3	24	10	10	17	24
ADJOHOUN	DJIGBE	Q 54.3	1	8	29	15	15	22
OUIDAH	ADJARRA	P 15.3	17	17	3	17	17	24
AB.-CALAVI	OUEDO	P 28.4	10	38	3	10	17	31
ADJOHOUN	DOLI(Gbécandji)	Q 50.3	22	29	15	1	22	36
ADJOHOUN	AZOWLISSE	Q 53.2	24	24	10	3	24	45
ATHIEME	AGBOBADA	S 51.3	15	8	29	15	8	1
ATLANTIQUE	DJEREGBE	Q 22.2	23	16	37	44	16	2
ATLANTIQUE	<b>AYOKO</b>	Q 21.3	22	15	8	43	1	1
ZAGNANADO	HOUEDJA	R 312.2	9	9	16	9	9	2
ZAGNANADO	MAOGON	R 301.2	3	3	10	3	10	10
OUIDAH	ADJARRA	P 15.4	17	31	3	3	17	45

Tableau XXV- Comparaison de la longueur du cycle et de la teneur foliaire en éléments minéraux chez quelques variétés (moyenne de 6 répétitions).

		Essai A 1966.2		Essai A 1967.1						
Traitements		1	6	9	2	3	1	4	7	6
Teneur en %	1/2 (cycle jour)	47	59	34	47	48	50	53	55	63
	N	3,81	2,92	4,20	3,49	3,48	3,43	3,45	3,22	2,70
	S	0,294	0,225	0,301	0,258	0,256	0,260	0,247	0,251	0,208
	P	0,300	0,225	0,363	0,310	0,328	0,319	0,312	0,292	0,211
	K	1,63	1,89	1,76	1,35	1,36	1,13	1,78	1,49	1,41
	Ca	0,68	0,61	0,48	0,42	0,42	0,47	0,41	0,44	0,46
	Mg	0,35	0,30	0,21	0,22	0,20	0,23	0,22	0,24	0,22

Tableau XXV Bis- Comparaison des teneurs foliaires d'une saison à l'autre.

saison	Variété n° 1		Variété n° 6	
	1°	2°	3°	2°
Teneur				
N	3,43	3,81	2,70	2,92
S	0,260	0,294	0,208	0,225
P	0,319	0,300	0,211	0,225
K	1,13	1,63	1,41	1,89
Ca	0,47	0,68	0,46	0,61
Mg	0,23	0,35	0,22	0,30

O. R. S. T. O. M.

*Direction générale :*

24, rue Bayard, PARIS-8<sup>e</sup>

*Service Central de Documentation :*

70-74, route d'Aulnay, 93 BONDY

*Centre O.R.S.T.O.M. de Cotonou :*

B. P. 390 - COTONOU (Dahomey)

---