

par A. LOUE

Ingénieur Agronome, Directeur de Recherches à l'Office
de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (Paris)
détaché auprès de la Société des Potasses d'Alsace (Mulhouse)

- INTRODUCTION -

La nutrition cationique du maïs, étudiée par la méthode du diagnostic foliaire, associée à l'étude des sols, a été décrite par ailleurs (2-3). Les études de ce type consistent le plus souvent à rapporter les diagnostics K, Ca, Mg différenciés, enregistrés sur des essais faisant intervenir différentes doses de potasse, en l'absence quasi générale d'apports calcoc-magnésiens, dans des conditions de sols variables, en ce qui concerne en particulier le complexe absorbant et sa garniture cationique.

L'objet de la présente note est de rapporter les caractéristiques de nutrition K, Ca, Mg, enregistrées sur un essai comportant une triple intervention (potasse, chaux, magnésie) dans des conditions de sol de triple déficience en potassium, calcium, magnésium.

- ORIGINE ET BUTS DE L'ESSAI -

L'essai est réalisé sur la lande du Pont Long près de Pau et sur une défriche appartenant au Domaine des Bénédictins de Pau-St-Léon. Il tire son intérêt de raisons d'ordre pratique et d'ordre théorique.

Intérêt pratique :

Les sols du même type ou d'un type voisin de celui de l'essai représentent des surfaces très importantes dans l'extrême Sud-Ouest de la France. On les englobe souvent sous un même vocable : touyas. La touya, dit le dictionnaire des sols, est la lande à ajoncs du Sud-Ouest de la France, plus ou moins riche en fougères et qui s'est installée après destruction de la forêt et s'est maintenue grâce aux fauchages répétés et au pâturage.

Depuis cinq ans environ, ces terres sont

en voie de récupération, surtout pour la culture du maïs. Ainsi, dans les seules Basses-Pyrénées, ces terres de landes représentent 210.000 ha, dont on estime que 80.000 sont récupérables, alors que les surfaces en cultures et en herbe ne couvrent que 215.000 ha. Les surfaces défrichées ont été de 1.000 ha en 1960, 5.000 ha en 1961, 7.500 ha en 1962. L'importance des défrichements entrepris dans les Landes et les Basses-Pyrénées invite donc à étudier les problèmes de mise en valeur de ces terres récupérées, parmi lesquels les questions de fertilisation occupent une place primordiale en raison des conditions très particulières de ces sols.

Intérêt théorique.

Une réunion de l'Association Française pour l'Etude du Sol fut consacrée à ces sols en mars 1963. Les Services Agronomiques des Potasses d'Alsace y avaient alors rapporté une étude sur les capacités d'échange et les garnitures cationiques des touyas (5), ainsi que les résultats d'essais en vases de végétation, réalisés en serre, à la Station d'Aspach près de Mulhouse, avec le maïs comme plante-test (4). A la suite de cette réunion, il est apparu utile d'expérimenter au champ les thèmes abordés dans l'étude en pots de Mitscherlich. Ainsi est né l'essai ici commenté dont les buts sont de dégager : 1) les effets principaux de K, de Ca et de Mg, 2) les effets des interactions de premier ordre K x Ca, K x Mg, Ca x Mg, 3) les modalités des apports calcoc-magnésiens.

- PRINCIPES DE L'ESSAI, METHODES -

L'essai est un essai 3 x 3 x 3 en confounding, avec deux répétitions (54 parcelles). Il étudie trois niveaux de potasse, de chaux et de magnésie, qui furent en 1963 : O.R.S.T.O.M. Fonds Documentaire

N° : 28328, ex 1

Cpte : B

Kg K ₂ O/ha	Kg CaO/ha	Kg MgO/ha
K ₀ 0	Ca ₀ 0	Mg ₀ 0
K ₁ 80	Ca ₁ 225	Mg ₁ 100
K ₂ 160	Ca ₂ 450	Mg ₂ 200

(K₂O sous forme de chlorure, CaO sous forme de chaux vive à 90 %, MgO sous forme de sulfate de magnésie). D'autre part, la fumure NP était uniforme sur tout l'essai (N = 120 kg/ha à partir d'urée, P₂O₅ = 150 kg/ha à partir de superphosphate triple).

La lande, à fougères, fut défrichée en mars 1963. Le maïs fut semé le 13 mai (variété demi-tardive, du groupe III - Iowa 4417 -).

- CONDITIONS DE SOLS DE L'ESSAI -

Les caractéristiques des sols de "touya" ont été rapportées par ailleurs (1-5-6) et se résument ainsi : teneur très élevée en matière organique, forte acidité, grande pauvreté en P₂O₅, très grande pauvreté en potassium, calcium, magnésium, capacité d'échange faible par rapport au taux d'argile, taux de saturation en bases très faible.

Le sol de l'essai lui-même présente la triple déficience à un très haut degré.

	sol	s/sol
Eléments grossiers (> 2 mm)	1,1	1,3
Sable grossier 200μ à 2mm	5,7	5,5
Sable fin 20μ à 200μ	30,7	32,7
Limon 2μ à 20μ	35,1	34,5
Argile < 2μ	21,1	23,6
Perte au feu %	7,4	3,7
pH	5,0	5,1
Azote total	2,15	1,30
P ₂ O ₅ assimilable %	0,12	0,08
Bases échang. %		
K ₂ O	0,04	0,02
CaO	0,16	0,12
MgO	0,06	0,04

Il n'est évidemment pas certain que les résultats quantitatifs obtenus seraient retrouvés sur l'ensemble des touyas. Mais on peut leur attribuer une bonne valeur représentative.

- RESULTATS OBTENUS -

La nutrition cationique a été étudiée au

moyen :

- 1) du diagnostic foliaire pratiqué sur les 54 parcelles (feuille de l'épi à la floraison mâle).
- 2) de l'analyse des pailles (tiges + feuilles) de chaque parcelle à la récolte.

Les résultats pratiques ont été déterminés par les rendements en grains secs, ainsi que par la production de matière sèche (parties aériennes moins épis) au moment de la récolte. Pour chaque caractère étudié, l'interprétation statistique a été faite selon Yates (7).

- RENDEMENTS ET PRODUCTION DE MATIERE SECHE -

a) Rendements en grains

Les rendements des 27 traitements ont varié de 7 à 52 quintaux sous le seul effet des variations de nutrition cationique liées aux traitements. Les trois éléments (Tableau 1₁) ont une action très hautement significative et positive sur les rendements.

On peut facilement calculer les rendements moyens correspondant à divers types de fertilisation considérés comme des erreurs sur ces types de sols :

	Rendement moyen q/ha	Rendement maximum obtenu q/ha
ni K ₂ O ni CaO ni MgO	6,9	6,9
ni K ₂ O ni MgO	14,3	18,1
ni K ₂ O ni CaO	14,6	20,9
ni CaO ni MgO	22,2	30,5
pas de K ₂ O	22,5	30,3
pas de CaO	41,3	46,6
pas de MgO	46,3	50,1

On retrouve certaines conclusions de l'essai en pots (4).

- 1) Le traitement zéro est significativement inférieur à tous les autres.
- 2) La gravité de l'absence de deux éléments dans la fumure croît selon Ca Mg, K Ca, K Mg.
- 3) La gravité de l'absence d'un seul élément croît selon Mg, Ca, K.

La potasse fut donc le facteur le plus limitant, puis

TABLEAU I - RENDEMENTS (en quintaux de grains secs/hectare)

1) Effets principaux

K ₀ = 18.8	Ca ₀ = 29.8	Mg ₀ = 31.9
K ₁ = 43.6	Ca ₁ = 37.1	Mg ₁ = 35.5
K ₂ = 43.7	Ca ₂ = 39.2	Mg ₂ = 38.6
ppds 5 % = 2.8	ppds 5 % = 2.8	ppds 5 % = 2.8
ppds 1 % = 3.8	ppds 1 % = 3.8	ppds 1 % = 3.8

2) Effets des 9 combinaisons des traitements, deux à deux

	K ₀	K ₁	K ₂		K ₀	K ₁	K ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂
Ca ₀	14.6	37.8	37.0	Mg ₀	14.3	39.3	42.3	Mg ₀	22.2	35.8	37.9
Ca ₁	19.5	45.8	46.0	Mg ₁	19.9	41.6	44.8	Mg ₁	33.5	35.5	37.4
Ca ₂	22.5	47.1	48.0	Mg ₂	22.3	49.6	44.0	Mg ₂	33.8	39.9	42.2

ppds 5 % = 4.85

ppds 1 % = 6.60

TABLEAU II - POIDS DES PAILLES (tiges + feuilles) à la récolte (en kg de matière sèche pour 1.000 pieds)

1) Effets principaux

K ₀ = 41.81	Ca ₀ = 61.37	Mg ₀ = 59.16
K ₁ = 79.70	Ca ₁ = 68.66	Mg ₁ = 69.35
K ₂ = 79.78	Ca ₂ = 71.25	Mg ₂ = 72.77
ppds 5 % = 7.75	ppds 5 % = 7.75	ppds 5 % = 7.75
ppds 1 % = 10.45	ppds 1 % = 10.45	ppds 1 % = 10.45

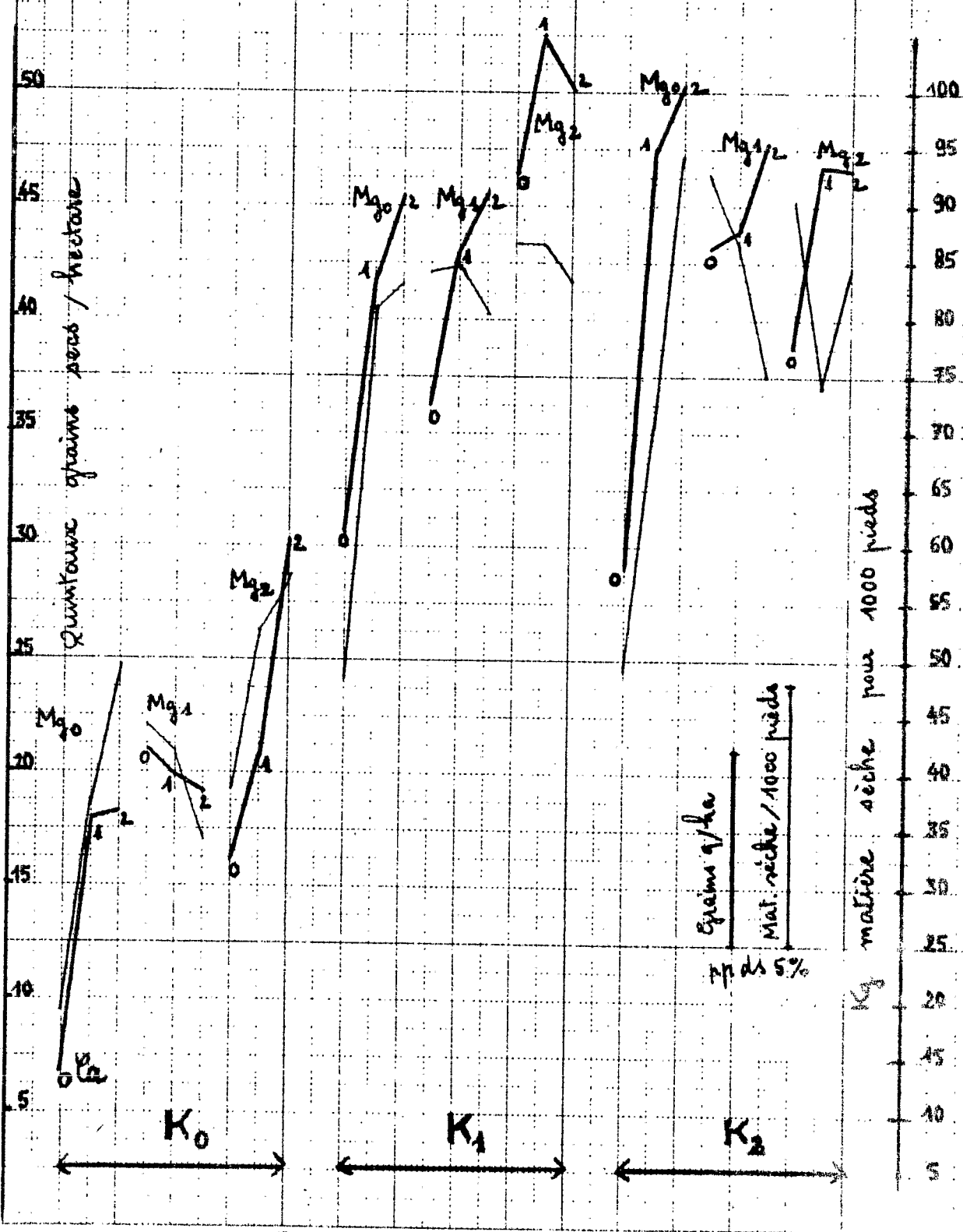
2) Effets des 9 combinaisons des traitements, deux à deux

	K ₀	K ₁	K ₂		K ₀	K ₁	K ₂		Ca ₀	Ca ₁	Ca ₂
Ca ₀	33.8	72.7	77.6	Mg ₀	35.1	70.9	71.3	Mg ₀	38.7	63.5	75.3
Ca ₁	44.3	84.3	77.3	Mg ₁	40.3	82.8	84.9	Mg ₁	73.5	71.4	63.1
Ca ₂	47.2	82.0	84.5	Mg ₂	50.0	85.3	83.1	Mg ₂	71.9	71.1	75.3

ppds 5 % = 13.4

ppds 1 % = 18.1

FIG 1: Rendements et matiere seche



Kg matiere seche pour 1000 pieds

grains g/ha
 Mat. seche / 1000 pieds
 pds 5%

la chaux et enfin la magnésie.

Par contre, aucune des différences $K_2 - K_1$ (au même niveau d'apport Ca Mg) n'est significative.

De même, aucune des différences $Ca_2 - Ca_1$ (au même niveau K Mg) n'est significative.

Seule la magnésie accroît les rendements significativement de 1 à 2. Les différences $Mg_2 - Mg_1$ (au même niveau K Ca) significatives sont celles des traitements $K_0 Ca_2$, $K_1 Ca_0$, $K_1 Ca_1$.

Il ne faut pas attacher une importance décisive à cette constatation car généralement le premier maïs de défriche (cas de l'essai) ne présente pas de très bons rendements et il faut attendre plusieurs années d'expérimentation pour mesurer avec plus de précision les trois réponses.

Les interactions K x Ca et K x Mg n'ont pas été significatives, mais l'interaction Ca x Mg le fut.

Le graphique de la fig. 1 rapporte (trait soutenu) les rendements de 27 traitements (les p.p.d.s. 5 % et 1 % étant de 8,4 et 11,4 q/ha). De tous les traitements K_0 , le traitement $Ca_2 Mg_2$ est supérieur à tous les autres. De tous les traitements K_1 , le traitement $Ca_0 Mg_0$ est inférieur aux autres.

Une remarque s'impose, non traduite par les données de rendement (récolte à la main) mais d'une grande importance pratique : la verse très grave en K_0 était encore nette en K_1 , alors qu'en K_2 il n'y en avait pratiquement pas, et ce facteur est d'une grande importance pour la récolte mécanique.

- b) La production de matière sèche

Le graphique de la fig. 1 met en évidence le parallélisme marqué entre le rendement en grains et le

pois de matière sèche des parties aériennes pour les 27 traitements.

La production de matière sèche varie de 18,8 à 94,2 kg (1.000 pieds, soit 7,52 à 37,68 quintaux pour 40.000 pieds). La croissance a donc été limitée car on estime que pour l'ova 4417 et ce peuplement la matière sèche produite devrait être en moyenne de 45 quintaux.

Le Tableau II rapporte les effets principaux et les tables K Ca, K Mg, Ca Mg.

La potasse agit très hautement significativement dès K_1 , mais non de K_1 à K_2 . La magnésie agit significativement en Mg_1 et hautement significativement en Mg_2 . L'effet de la chaux est seulement significatif.

Comme pour le Grain, les interactions K x Ca et K x Mg n'ont pas été significatives alors que l'interaction Ca x Mg le fut.

- NUTRITION MINERALE DU MAIS -

On dispose des teneurs du diagnostic foliaire et de la composition chimique des pailles à la récolte.

A - Diagnostic Foliaire

Nutrition azotée et phosphorée

Il convient de se demander avant toute chose si la nutrition NP fut correcte sur l'ensemble de l'essai (on sait en particulier que la nutrition phosphorée du maïs pose de délicats problèmes sur ces sols). En ne considérant que les effets principaux, il apparaît immédiatement que les niveaux azotés étaient normaux et non influencés par les traitements (seuil critique N = 3,10).

		N	P			N	P			N	P
	K_0	3,24	0,315		Ca_0	3,35	0,266		Mg_0	3,36	0,287
	K_1	3,40	0,264		Ca_1	3,39	0,282		Mg_1	3,36	0,275
	K_2	3,49	0,257		Ca_2	3,38	0,287		Mg_2	3,41	0,273
ppds 5 %		-	0,023	ppds 5 %		-	0,023	ppds 5 %		-	0,023
ppds 1 %		-	0,031	ppds 1 %		-	0,031	ppds 1 %		-	0,031

Au contraire, si on adopte pour le phosphore le seuil critique $P = 0,315$, on constate que les niveaux phosphorés sont nettement trop faibles et que l'effet négatif de la potasse est hautement significatif, alors que les effets de la chaux et de la magnésie n'expriment que des tendances. Tout incline à penser que les maïs K_1 et K_2 , nettement plus développés, ont eu leur nutrition phosphorée limitée. Le phosphore a été un facteur limitant du rendement.

- Nutrition cationique -

Les résultats sont rapportés dans le tableau III qui indique pour les teneurs en K, Ca, Mg, les effets principaux de K_2O , CaO et MgO et les effets des neuf combinaisons des traitements, deux à deux. D'autre part, les graphiques de la fig. 2 montrent les teneurs des 27 traitements en K, Ca, Mg.

a) Potassium

Les effets principaux des trois traitements potasse, chaux, magnésie, sont hautement significatifs, mais d'ampleur très différente.

Les plantes K_0 sont très déficientes en potassium et les signes de carences apparaissent sur les 18 parcelles K_0 (teneurs comprises entre 0,59 et 0,88 %).

Les teneurs croissent d'une manière très hautement significative de K_0 à K_1 et de K_1 à K_2 . Une nutrition potassique correcte est atteinte en K_1 (teneurs comprises entre 1,34 et 2,02 %). Les teneurs des plantes K_2 sont élevées (2,02 à 2,32) mais en dessous de la consommation de "luxe".

Les effets légèrement dépressifs de CaO et de MgO sont d'importance égale, la dépression ne croît pas significativement de 1 à 2.

Les tables Ab montrent en particulier que :

- La chaux n'aggrave pas la déficience potassique des parcelles K_0 , elle agit surtout au niveau K_1 , alors qu'au niveau K_2 son influence ne perturbe pas sensiblement la nutrition potassique.

- La magnésie aggrave au contraire la déficience des parcelles K_0 .

Les courbes de la fig. II montrent les effets différents de la chaux selon les niveaux d'apports magnésiens. On remarque sur la courbe K_1 que la chaux est dépressive en Mg_0 (- 0,285), qu'elle ne l'est plus en Mg_1 , et qu'un Mg_2 elle remonte la teneur de + 0,280. On peut penser que cela a joué favorablement sur les rendements car le traitement K_1, Ca_0, Mg_2 avait une teneur en potassium de 1,345 qui est considérée comme faible

b) Calcium

Les effets principaux des trois traitements sont très hautement significatifs. La potasse et la magnésie ont une action dépressive marquée, du même ordre de grandeur que l'action positive de la chaux. Les parcelles sans chaux ont une nutrition calcique nettement trop faible et d'autant plus faible qu'elles reçoivent potasse et magnésie (meilleur développement).

Les tables Bb montrent que :

La chaux exerce une action positive (Table K Ca) équivalente aux trois niveaux K_0, K_1, K_2 . On note que les traitements $K_0 Ca_0 - K_1 Ca_1 - K_2 Ca_2$ présentent des teneurs à peu près identiques.

La table Ca x Mg est assez comparable ($Ca_0 Mg_0, Ca_1 Mg_1, Ca_2 Mg_2$ ont des teneurs identiques).

Les quatre groupes de traitements sans chaux, avec potasse ($Ca_0 K_1, Ca_0 K_2$) et sans chaux avec magnésie ($Ca_0 Mg_1, Ca_0 Mg_2$) ont des niveaux calciques trop faibles et on peut penser que la nutrition calcique a été un facteur limitant de leurs rendements (respectivement 37,8 - 37 - 33,5 - 33,8 q/hectare).

c) Magnésium

Les effets principaux des trois traitements sont très hautement significatifs et les interactions K Ca, K Mg, Ca Mg sont toutes les trois hautement significatives.

La potasse a un effet négatif très accusé ; la baisse de K_0 à K_1 est considérable (- 0,515) mais il faut considérer les teneurs en magnésium des parcelles K_0 comme extrêmement élevées.

La chaux a un effet positif marqué (+ 0,211).

L'action de la magnésie est marquée de Mg_0 à Mg_1 , et se poursuit plus faible de Mg_1 à Mg_2 . La teneur moyenne des parcelles Mg_0 est très supérieure à la zone des signes de carence ; elle est très voisine de la teneur moyenne des parcelles K_2 et peut être considérée comme très normale. Inversement, la teneur des parcelles Mg_2 est très inférieure à celle des parcelles K_0 .

Les tables Cb :

Table K x Ca : L'action dépressive de la potasse sur les teneurs en Mg est hautement significative en Ca_0, Ca_1 , et Ca_2 , l'action positive de la chaux est très marquée en K_2 , significative en K_1 et K_2 seulement au niveau Ca_2 .

Table K x Mg : L'action de la magnésie décroît de K_0 à K_2 .

TABLEAU III - DIAGNOSTIC FOLIAIRE (Interprétation statistique)

A. Teneurs en K pour cent de matière sèche.

a) effets principaux

$K_0 = 0.726$	$Ca_0 = 1.603$	$Mg_0 = 1.619$	ppds 5 % = 0.061
$K_1 = 1.745$	$Ca_1 = 1.515$	$Mg_1 = 1.505$	ppds 1 % = 0.082
$K_2 = 2.130$	$Ca_2 = 1.483$	$Mg_2 = 1.477$	

b) effets des 9 combinaisons des traitements, deux à deux

	K_0	K_1	K_2		K_0	K_1	K_2		Ca_0	Ca_1	Ca_2
Ca_0	0.761	1.840	2.210	Mg_0	0.790	1.850	2.218	Mg_0	1.716	1.580	1.561
Ca_1	0.715	1.736	2.093	Mg_1	0.726	1.683	2.103	Mg_1	1.581	1.515	1.418
Ca_2	0.701	1.660	2.088	Mg_2	0.661	1.701	2.070	Mg_2	1.513	1.450	1.470

ppds 5 % = 0.105

ppds 1 % = 0.142

B. Teneurs en Ca pour cent de matière sèche

a) effets principaux

$K_0 = 0.702$	$Ca_0 = 0.452$	$Mg_0 = 0.690$	ppds 5 % = 0.052
$K_1 = 0.566$	$Ca_1 = 0.645$	$Mg_1 = 0.585$	ppds 1 % = 0.069
$K_2 = 0.502$	$Ca_2 = 0.673$	$Mg_2 = 0.495$	

b) effets des 9 combinaisons des traitements, deux à deux

	K_0	K_1	K_2		K_0	K_1	K_2		Ca_0	Ca_1	Ca_2
Ca_0	0.540	0.543	0.373	Mg_0	0.810	0.660	0.600	Mg_0	0.600	0.756	0.713
Ca_1	0.793	0.590	0.553	Mg_1	0.706	0.576	0.473	Mg_1	0.426	0.640	0.690
Ca_2	0.773	0.666	0.580	Mg_2	0.590	0.463	0.433	Mg_2	0.330	0.540	0.616

ppds 5 % = 0.089

ppds 1 % = 0.119

C. Teneurs en Mg pour cent de matière sèche

a) effets principaux

$K_0 = 1.115$	$Ca_0 = 0.608$	$Mg_0 = 0.474$	ppds 5 % = 0.051
$K_1 = 0.600$	$Ca_1 = 0.728$	$Mg_1 = 0.791$	ppds 1 % = 0.068
$K_2 = 0.440$	$Ca_2 = 0.819$	$Mg_2 = 0.889$	

b) effets des 9 combinaisons des traitements, deux à deux

	K_0	K_1	K_2		K_0	K_1	K_2		Ca_0	Ca_1	Ca_2
Ca_0	0.886	0.536	0.401	Mg_0	0.725	0.395	0.303	Mg_0	0.256	0.535	0.631
Ca_1	1.178	0.588	0.418	Mg_1	1.213	0.653	0.510	Mg_1	0.690	0.791	0.895
Ca_2	1.281	0.675	0.501	Mg_2	1.408	0.751	0.508	Mg_2	0.878	0.858	0.931

ppds 5 % = 0.088

ppds 1 % = 0.117

FIG 2: Diagnostic foliaire

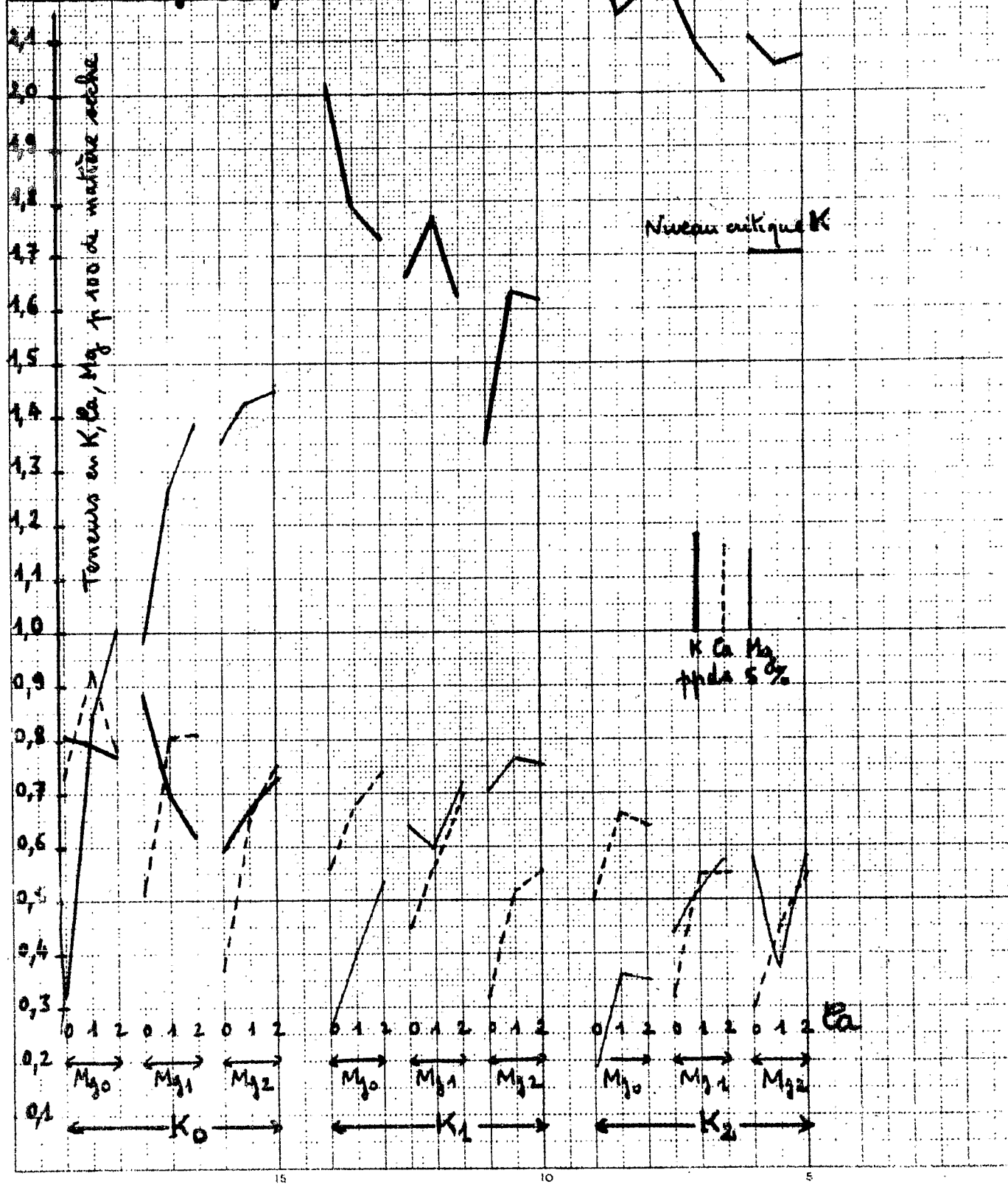


Table Ca x Mg : L'action de la chaux est très importante en l'absence de magnésie, encore significative avec Mg_1 , nulle avec Mg_2 .

Les courbes de la fig. II montrent d'une manière plus précise l'élévation de la nutrition magnésienne par le chaulage. Cela ne présente pas d'intérêt pour les traitements K_0 dont les plantes sont au contraire très riches en magnésium, du fait de leur faible développement. Mais pour les traitements $K_1 Mg_0$ cette amélioration est très intéressante et corrige la dépression due à K_1 . Cet effet est plus utile encore pour les traitements $K_2 Mg_0$. En $K_2 Ca_0 Mg_0$, la teneur en Mg était de 0,18 dans une zone proche de la déficience (alors que pour $K_2 Ca_1 Mg_0$ et $K_2 Ca_2 Mg_0$ elle remonte à 0,37 et 0,35).

L'action dépressive de la potasse sur les teneurs en Mg ne revêt une importance physiologique que pour les traitements Mg_0 . Il faut des conditions de sol particulièrement basses en magnésium échangeable pour que les niveaux de nutrition magnésienne tombent dans la zone de déficience grave soit par antagonisme, soit par dilution du fait d'un plus grand développement.

B - Les tiges et feuilles à maturité

Considérons les effets principaux et sur les graphiques de la fig. III les effets des 27 traitements :

Potassium (teneurs en K pour cent de matière sèche)

$K_0 = 0,258$ $Ca_0 = 0,601$ $Mg_0 = 0,569$
 $K_1 = 0,611$ $Ca_1 = 0,621$ $Mg_1 = 0,640$
 $K_2 = 0,951$ $Ca_2 = 0,598$ $Mg_2 = 0,611$
 ppds 5 % = 0,085 ppds 1 % = 0,115

L'effet de la potasse est très hautement significatif ; la chaux et la magnésie n'ont aucune effet.

L'action de la potasse est sensiblement la même aux trois niveaux de chaux.

Les variations extrêmes enregistrées par ailleurs dans de nombreux essais furent de 0,23 à 2,00 % (en K) avec un taux moyen normal de 1,0 % (en K). C'est dire qu'au niveau d'apport K_1 les plantes ont puisé dans les organes végétatifs, la teneur moyenne de ces derniers étant signe d'un déficit certain.

La comparaison des fig. II et III montre la différenciation intervenue entre les stocks de potassium des plantes K_1 et K_2 de la floraison à la maturité.

Calcium (teneurs en Ca pour cent de matière sèche)

$K_0 = 0,191$ $Ca_0 = 0,132$ $Mg_0 = 0,222$
 $K_1 = 0,172$ $Ca_1 = 0,187$ $Mg_1 = 0,160$
 $K_2 = 0,160$ $Ca_2 = 0,203$ $Mg_2 = 0,141$
 ppds 5 % = 0,014 ppds 1 % = 0,019

Les effets des trois éléments sont hautement significatifs ; l'action la plus importante est l'effet négatif de la magnésie, puis l'effet positif de la chaux, l'effet négatif de la potasse étant nettement moindre.

Les limites de variations enregistrées par ailleurs furent de 0,34 à 0,65 % (en Ca) avec un taux moyen normal de 0,43 (en Ca). Donc, sur cette base, la nutrition calcique déjà déficiente au moment du diagnostic foliaire, l'est plus encore à maturité.

Magnésium (teneurs en Mg pour cent de matière sèche)

$K_0 = 0,185$ $Ca_0 = 0,152$ $Mg_0 = 0,118$
 $K_1 = 0,183$ $Ca_1 = 0,181$ $Mg_1 = 0,191$
 $K_2 = 0,161$ $Ca_2 = 0,197$ $Mg_2 = 0,220$
 ppds 5 % = 0,016 ppds 1 % = 0,022

On retrouve dans l'ensemble les données du diagnostic foliaire, effet négatif significatif de la potasse, effet positif hautement significatif de la chaux et de la magnésie.

Les variations enregistrées ailleurs allaient de 0,15 à 0,35 % (en Mg) avec un taux moyen normal de 0,18. Une évolution importante a donc eu lieu entre le moment du diagnostic foliaire et la maturité, puisque nous avons vu que les teneurs du DF étaient normales à élevées (le seul des 27 traitements ayant alors une teneur de grave déficience étant $K_2 Ca_0 Mg_0$ voir fig. II).

A maturité, au contraire, tous les traitements Mg_0 sont très déficients en magnésium et surtout les trois traitements $Ca_0 Mg_0$.

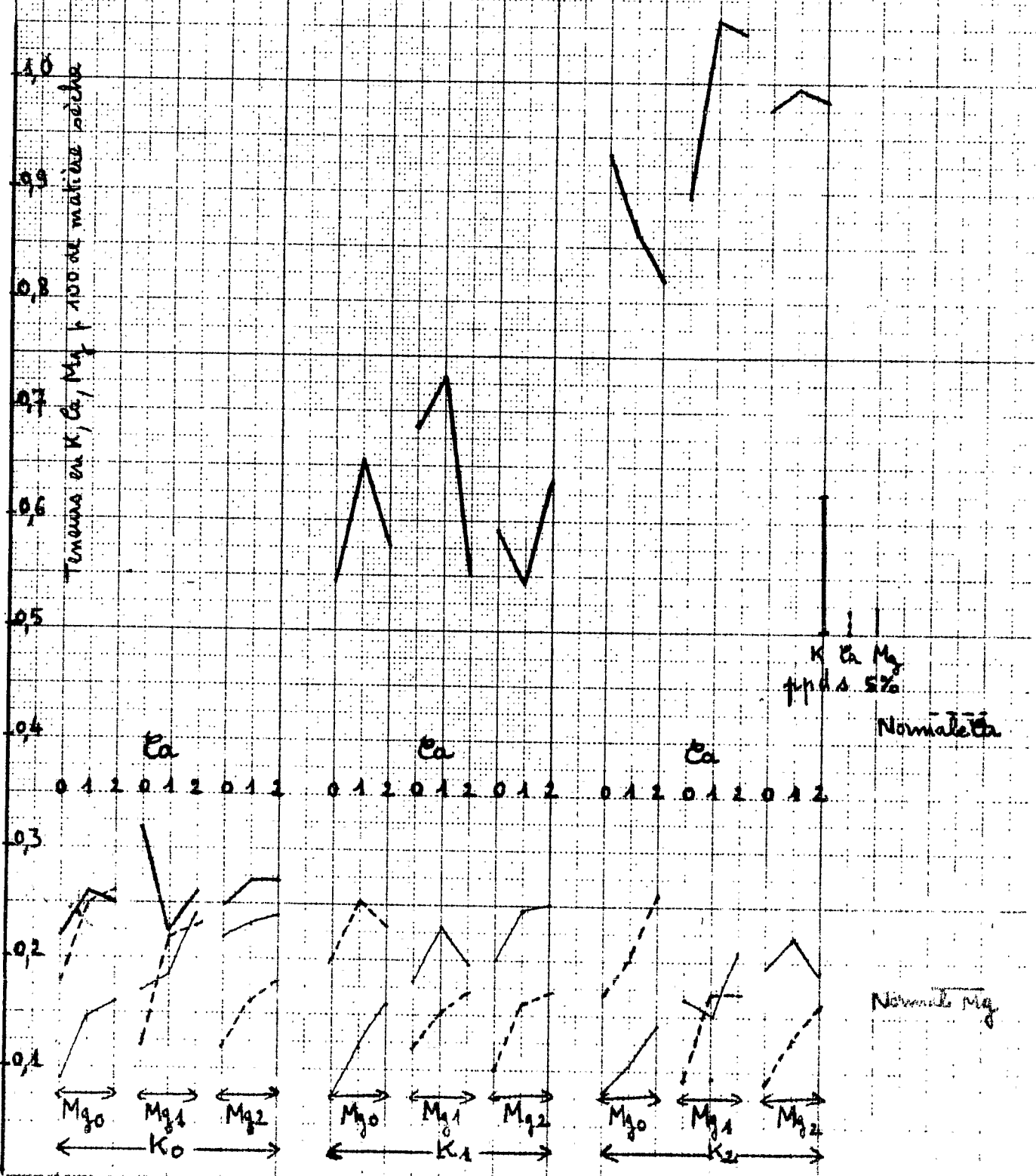
Le diagnostic foliaire serait donc ici incapable de rendre compte de l'effet très important de la magnésie sur la croissance (tableau II), le rendement (tableau I), les graphiques III en rendent compte.

Il faut préciser en effet qu'au moment du diagnostic foliaire, la croissance est à environ trois semaines du maximum de poids sec des organes végétatifs.

FIG 3. Teneurs en K, Ca, Mg des pailles à maturité.

Normale K

Teneurs en K, Ca, Mg
 100 de matière sèche



K Ca Mg
 après 5%

Normale Ca

Normale Mg

- CONCLUSION -

Sur ce type de sol extrêmement déficient en bases, les trois cations ont donc agi très nettement. Le type de dispositif expérimental utilisé semble bien convenir aux études sur la nutrition cationique (une difficulté étant d'ailleurs le choix des trois niveaux pour chaque élément).

Le potassium a eu le rôle le plus important, mais limité de la dose simple à la dose double par d'autres facteurs limitants, parmi lesquels le phosphore a eu sans doute, dans le cas présent, une plus grande influence que Ca et Mg.

Le calcium, en sus des effets du chaulage sur ces sols, a joué un grand rôle nutritionnel. Les maïs sont parvenus à maturité très pauvres en calcium. Du point de vue de la nutrition, la dose Ca_2 devait être insuffisante.

Le magnésium a eu un rôle très positif. En procédant seulement au diagnostic foliaire à la floraison mâle, on risquait d'aboutir à des conclusions erronées (les niveaux foliaires Mg étant très élevés en Mg_0). Une dilution considérable s'est produite jusqu'à la maturité.

Le diagnostic foliaire, pratiqué à un seul moment, est dans le cas présent insuffisant et doit être complété par un second prélèvement à la dessiccation des soies ou par des analyses à maturité. En cas de différences importantes de croissance, comme dans le cas présent, le diagnostic foliaire devrait être complété par un indice de croissance combinant hauteur et diamètre des tiges.

- BIBLIOGRAPHIE -

- 1 - DELMAS J. Données agronomiques sur les sols des landes à touyas. Bull. Ass. Fr. Et. Sol - n° 1 - 3 - 11. 1964
- 2 - LOUE A. La nutrition cationique du Maïs et le diagnostic foliaire. Ann. Physiol. Vég. 4 (2) 127-148. 1962
- 3 - LOUE A. Contribution à l'étude de la nutrition cationique et plus particulièrement potassique du Maïs. Fertilité 20-57 p. 1963
- 4 - LOUE A. - QUEMENER J.- Etude de la nutrition K, Ca, Mg du Maïs sur un sol de touya, réalisée en culture en pots. Bull. Ass. Fr. Et. Sol. n° 1 61-70 1964
- 5 - LOUE A. Etude sur les principales caractéristiques (en particulier sur les teneurs en cations échangeables et sur la capacité d'échange) de quelques sols de touyas. Bull. Ass. Fr. Et. Sol n° 1 44-60 1964
- 6 - VINEL J. Possibilités agricoles et utilisation des touyas. Bull. Ass. Fr. Et. Sol n° 1 12-33 1964
- 7 - YATES F. The design and analysis of factorial experiments. Imp. Bur. Soil Sci., Tech. Comm. n° 35 1937
- 8 - X La culture du Maïs sur les terres de défriches. Ass. Gén. Prod. Maïs - Pau 15 p. 1964

RESUME

Cette communication étudie la nutrition K, Ca, Mg du maïs sur un essai factoriel $3 \times 3 \times 3$ en confounding, réalisé près de Pau sur un sol pratiquement carencé en K, Ca, Mg.

L'essai comporte l'application de 3 doses de KCL, CaO et SO_4Mg .

Les trois éléments ont agi d'une manière hautement significative sur les rendements en grains et sur la production de matière sèche des organes végétatifs, selon l'ordre d'importance croissante : Mg, Ca, K.

Parallèlement, le diagnostic foliaire pratiqué à la floraison mâle permet d'étudier la nutrition K, Ca, Mg en fonction des 27 traitements dans de telles conditions de sols.

SUMMARY

This paper deals with the K, Ca, Mg nutrition of maize based on a factorial experiment $3 \times 3 \times 3$, with confounding, carried out near Pau on a soil very deficient in K, Ca, Mg.

The trial included the application of three doses of KCl, CaO, SO_4Mg .

The effects of the three elements are highly significant on grain yields and on dry matter production of vegetative organs, according to the increasing order : Mg, Ca, K.

The foliar diagnosis carried out at the male flowering enables to study the K, Ca, Mg nutrition in function of the 27 treatments in such soil conditions.

The effects of each cation applied on the K, Ca, Mg nutrition are reviewed and also the effects of the main combinations of two or three cations.

But, in order to account for the effects on yields, foliar diagnosis must be completed by analysis at maturity.