# RÉPUBLIQUE FRANÇAISE NOUVELLE-CALÉDONIE ET DÉPENDANCES

DIRECTION
POUR LE DÉVELOPPEMENT
DE L'ÉCONOMIE RURALE

SERVICE DE LA RECHERCHE DE LA FORMATION ET DE LA DIFFUSION

CENTRE DE RECHERCHE ET D'EXPÉRIMENTATION AGRONOMIQUES DE NESSADIOU INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT
EN COOPÉRATION
(ORSTOM)

CENTRE DE NOUMÉA

UR E9

# COMPARAISON DE LA SENSIBILITE AU DÉSÉQUILIBRE CALCO-MAGNÉSIEN DE SIX HYBRIDES DOUBLES DE MAIS

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE CONDUITE EN SERRE SUR VASES DE VÉGÉTATION

> P.ANDRÉ et B.BONZON L. COLLET et C. BOUCARON

Collaboration technique: E. OUCKEWEN ET L. TAPUTUARAI

JUIN 1985

Deuxième convention Territoire-ORSTOM pour l'étude des effets des amendements calciques — sur les sols cultivables de Nouvelle-Calédonie —

# République Française.

NOUVELLE-CALEDONIE et DEPENDANCES.

Direction pour le Développement de l'Economie Rurale

Service de la Recherche, de la Formation et de la Diffusion

Centre de Recherches et d'Etudes Agronomiques de Nessadiou.

Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM)

Centre de Nouméa Laboratoire d'Agronomie et de Pédologie.

COMPARAISON DE LA SENSIBILITE AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN DE SIX HYBRIDES DOUBLES DE MAIS.

Etude expérimentale conduite en serre sur vases de végétation par

P. ANDRE, B. BONZON, L. COLLET et C. BOUCARON.

avec la collaboration technique

de

E. OUKEWEN et L. TAPUTUARAI.

# SOMMAIRE.

				Page
1 -	- MO	TIVATIONS	OBJECTIFS	4
2 -	- MA	TERIEL ET	METHODES	5
	2.	1. Type d	e l'essai et variantes des facteurs contrôlés	5
	2.	2. Fumure	S	6
	2.		éristiques générales du vertisol hypo-magnésien mp d'essais	6
	2.	4. Observ	ations et mesures	8
	2.	5. Analys	e statistique	10
3 -	- RE	SULTATS .		10
	3.		nce des facteurs contrôlés sur les symptômes de e	10
			Définition des indices de carence en calcium et en ore	10
		3.1.2.	Résultats	11
			. Carence en calcium	11
			. Carence en phosphore	16
	3.		nce des facteurs contrôlés sur la croissance en r et le nombre de feuilles	16
		3.2.1.	Influence sur la hauteur des plants	16
		3.2.2.	Cas particulier de la "hauteur totale"	19
		3.2.3.	Influence des facteurs contrôlés sur la vitesse de croissance en hauteur	21
		3.2.4.	Influence des facteurs contrôlés sur le nombre de feuilles complètement dégainées	24
	3.		nce des facteurs contrôlés sur le poids de e sèche	24
		3,3.1.	Effet "dose"	25
		3.3.2.	Effet "variété"	25
		3.3.3.	Interaction "dose x variété"	27
	3.	4. PH de	la tenue des pots	28
4 -	- DI	SCUSSIONS		30
	4.	1. Symtom	atologie de la carence en calcium	30
		4.1.1.	Homogénéité intervariétale des symptômes	30
		4.1.2.	Validité des indices de carence totaux et moyens	30
		4.1.3.	Facteurs limitant la mise en évidence de la carence en calcium	32

- <b></b> -	
4.2. Différences de sensibilité au déséquilibre calco-magnésien	32
5 - CONCLUSION	34
BIBLIOGRAPHIE	36
ANNEXE	38
1. Paramètres observés	39
2. Récapitulatif des analyses de variance	40
3. Analyse de variance des poids de matière sèches	42

COMPARAISON DE LA SENSIBILITE AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN
DE SIX HYBRIDES DOUBLES DE MAIS CULTIVES SUR UN VERTISOL HYPER-MAGNESIEN.

-0-

# I - MOTIVATIONS ET OBJECTIFS.

L'idée de cette étude résulte des interrogations que se sont posées les membres de l'équipe conjointe DIDER-ORSTOM devant des comportements du maïs sur vertisol hyper-magnésien apparemment différents selon qu'il était cultivé en serre ou au champ sans apport d'aucun amendement calcique.

En serre, les plants voyaient :

- leur croissance en hauteur considérablement ralentie dès le stade
   "5 feuilles";
- 2. leurs feuilles, de rang supérieur à 4, présenter de très importantes déformations :
- 3. de nombreux talles être émises au niveau des premiers noeuds.

Au champ, essai "TAMOA 1984", les plants de maïs des six parcelles témoins ne présentaient pas de symptome de carence en calcium aussi aïgue :

- 1. la croissance en hauteur n'était que légèrement ralentie ;
- 2. les déformations foliaires étaient légères ;
- 3. le tallage était réduit.

Comme les variétés utilisées en serre (GH 5004) et au champ (XL 82) n'étaient pas les mêmes, la première hypothèse formulée pour expliquer ces différences de comportement fut qu'il pourrait bien s'agir-là d'une différence de sensibilité variétale à la carence en calcium.

Mais les conditions expérimentales en serre et au champ différaient aussi par la nature de la fumure phosphatée : en serre, le phosphore avait été apporté sous forme de phosphate monopotassique, au champ sous forme de phosphate tricalcique (les quantités de  $P_2O_5$  apportées dans les deux cas étant très proches : 105 kg/ha. De ce fait 142 kg/ha de CaO ont été fournis au ma $\overline{\mbox{i}}$ s en plein champ.

D'où l'idée de comparer la sensibilité au déséquilibre calco-magnésien de différentes variétés de maïs en se placant dans les trois situations rencontrées en serre et au champ et correspondant du point de vue de l'apport de calcium au sol à :

- aucun apport de calcium,
- un apport équivalent à 142kg/ha de CaO,
- un apport équivalent à 4t/ha de CaO sous forme de croute calcaire, dose reconnue comme encore insuffisante pour lever complètement la carence en calcium sur GH 5004 et XL 82.

#### II - MATERIEL ET METHODES.

# 2.1. Type de l'essai et variantes des facteurs contrôlés.

L'essai mis en place est du type factoriel 3x6 à 4 répétitions complètement équilibrées. Chacun des 72 traitements élémentaires comporte 2 pots en position est-ouest. Le premier facteur contrôlé, désigné par l'expression "niveau et nature du rééquilibrage calco-magnésien", comporte donc les variantes suivantes (indicées i) :

- aucun apport de chaux (carence forte en calcium, i = 1);
- apport de 4,74mg de CaO pour 100g de terre sous forme de phosphate tricalcique (soit 437mg/pot de Ca3 (PO4)2, apport équivalent à celui de 142kg/ha de CaO réalisé sur l'ensemble des parcelles expérimentales de la Tamoa par l'application en fumure de fond de 262kg/ha de cet engrais (carence moyenne en calcium, i = 2);
- apport de 133,31mg de CaO pour 100g de terre sous forme de croute calcaire à 42% de CaO (soit 15,87g/pot de croûte calcaire), apport équivalent à 4t/ha (carence faible en calcium, i = 3).

Ces équivalences ont été calculées en considérant que les pots de culture contiennent 5kg de terre tamisée à 5mm et que les fumures de fond et les amendements calciques appliqués au champ concernent 3000t/ha de terre séche.

Le second facteur contrôlé est le facteur "variété de maïs". Ses variantes, indicées j, sont présentées dans le tableau di-dessous :

Indices j	Hybrides doubles	Observations.
1	XL81	Variété utilisée en 1980 et 1981 sur le même champ de la Tamoa avec des rendements nuls.
2	XL82	Variété utilisée sur l'expérimentation AC/VHM-84 (vertisol hyper-magnésien) de la Tamoa.
3	XL94	Variété à haut rendement (selection du CREA)
4	Hycorn 9	Variété à haut rendement (sélection du CREA)
5	Sergent	Variété utilisée sur les essais 83 et 84 AC/SSA(sol sodique acide) et NPK/VM (vertisol modal).
6	GH 5004	Variété utilisée sur tous les essais en serre 83-84 sur vertisol hyper magnésien.

Tableau I : Hybrides doubles de maïs testés.

# 2.2. Fumures.

Les quantités d'azote, de phosphore, de potassium et d'oligo-éléments appliquées par pot sont indiquées dans le tableau II. Le phosphore et le potassium ont été apportés en une seule fois, au semis, les oligo-éléments en 2 fois : au semis et au 11ème jour, l'azote en 3 fois : au semis, au 11ème et au 18ème jour.

# 2.3. Caractéristiques générales du vertisol hyper-magnésien du champ d'essais de la Tamoa.

Le sol utilisé est un vertisol hyper-magnésien développé sur alluvions anciennes de la vallée de la Tamoa et sur lequel ont été réalisées les études antérieures. Les niveaux moyens des principales caractéristiques physiques et chimiques de la couche 0-20cm dont nous nous sommes servis pour cette expérimentation sont résumées ci-après.

Tableau II : QUANTITE D'ELEMENTS A APPORTER PAR POT.

Eléments	Variantes i	Formes de l'apport	Concentrations des solu- tions-mères en g/l de sel ou d'acide	Volumes des solutions- mères apportés à chaque épandage en ml.	B .	d'éléments en apporter aux   11è jour	mg/pot à 18è jour
N	2	NH4 NO 3	51,43	12,19; 10; 10	219,44	180,00	180,00
N	1 et 3	NH4NO3	51,43	10	219,44	180,00	180,00
P <sub>2</sub> 0 <sub>5</sub>	1 et 3	NH4H2PO4	32,68	10	200,00	-	_
P <sub>2</sub> 0 <sub>5</sub>	2	l  Ca3(PO4)2 <b>*</b>	-	-	200,00	-	-
K <sub>2</sub> 0	-	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	21,00	10	113,45	-	-
В	-	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,000	10	1,75	1,75	-
Cu	-	CuSO ,5 H <sub>2</sub> O	1,565	10	3,98	3,98	-
Мо	-	(NH <sub>4</sub> ) Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> , 1, 5H <sub>2</sub> O	0,080	10	0,45	υ,45	-
Zn	-	ZnSO <sub>4</sub> , 7 <sub>2</sub> H 0	1,200	10	2,73	2,73	-
CaO	2	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> *	-	-	236,8	_	_
	3	Ca CO <sub>3</sub> *	-	-	6665,5	-	-

\_ \_

 $<sup>\</sup>star$  Apporté sous forme de poudre et mélangé à sec avec la terre des pots avant le remplissage de ces derniers.

Granulotmétrie (% terre fine)					Matière o	rganique	рН	
Argile	LF	LG	SF	SG	C(%)	N(%)	pHeau	pHkcl
47,2	16,3	9,0	14,4	8,1	2,55	0,204	5,8	4,8

CO	MPLEXE E	CHANGEAB	Taux de saturation (%) : S/T			
Ca	Mg	К	Na	S	Т	89,6
4,53	41,9	0,27	0,358	47,06	52,56	

Tableau III : Principales caractéristiques physico-chimiques du sol etudié.

Il s'agit ainsi d'un sol argileux au pH légèrement acide. Le complexe échangeable est très déséquilibré avec prédominance du magnésium sur le calcium (MGE/CAE = 9,25) et sur le potassium. Deplus, le niveau assez éleve du sodium pourrait représenter une légère contrainte pour certaines cultures. Enfin, cet horizon est très carencé en phosphore (total et assimilable, chiffres non présentés ici car en cours de vérification, ce sol ayant aussi une teneur en chrome élevée).

### 2.4. Observations et mesures.

Les observations et les mesures suivantes ont été effectuées :

# a) en cours de végétation

- mesures de hauteur, du sol au point d'insertion sur la tige de la dernière feuille complètement dégainée;
- attribution d'indices de carence ;
- observations qualitatives.

TABLEAU IV : ANALYSE DE VARIANCE : ESTIMATIONS DES TERMES DU MODELE ; VARIANCE DES EFFETS DES FACTEURS CONTROLES ; TESTS F. Modèle linéaire :  $x_{ijl} = \bar{x} + a_i + v_j + (av)_{ij} + b_l = e_{ijl}$ .

Termes du moděle	Significations	Estimations des termes du modèle	Degrés de liberté	Variances des effets	Tests F	Observations
131	Valeur de X observés sur la parcelle du lème bloc soumise aux effets des variantes i et j des facteurs con- trôlés A et V.	-	<del>-</del>	-	_	-
-	Moyenne générale de X	-	-	-	-	_
a <sub>i</sub>	Effet sur X de la ième variante de A	$a_i = \bar{x}_i - \bar{x}$	$d_A = n_A - 1$	$s_A^2 = \{n_V \cdot n_B \cdot \sum_i a_i^2\} / d_A$	$F_A = s_A^2/s_E^2$	
v <sub>j</sub>	Effet sur X de la jème variante de V	$v_j = \bar{x}_j - \bar{x}$	$d_{V} = n_{V} - 1$	$\begin{vmatrix} s_{V}^{2} & = \{n_{A}n_{B} \cdot \sum_{J} v_{J}^{2}\}/d_{V} \end{vmatrix}$	$ F_V = s_V^2/s_E^2$	
	Interaction sur X des ième et jème variantes des facteurs contrôlés A et V.	$(av)_{ij}=\bar{x}_{ij}-\bar{x}_{i}-\bar{x}_{j}+\bar{x}$	$d_{Av} = (n_A - 1)(n_V - 1)$	$ s_{AV}^2 = \{n_B \cdot \sum_{i,j} (av)_{i,j}^2 \} / d_{AV}$	$F_{AV} = s_{AV}^2 / s_E^2$	
b <sub>1</sub>	Effet sur X de la lème répétition	$b_1 = \bar{x}_1 - \bar{x}$	$d_{B} = (n_{B}-1)$	$n_{B}^{2}=\{n_{A}.n_{V}.\Sigma b_{i}^{2}\}/d_{B}$	$F_{B}=s_{B}^{2}/s_{E}^{2}$	Illicite en principe
e ijl	Effet sur X des facteurs aléatoi- res attachés à la ijlème parcelle	$e_{ij1}=\bar{x}_{ij1}-\bar{x}_{ij}-\bar{x}_{1}+\bar{x}_{1}$	$d_{E} = (n_{A}n_{V}-1)(n_{B}-1)$	$s_E^2 = \{ i                                 $	-	-
g <sub>ijl</sub>	Variation générale de X	g <sub>ijl=x</sub> ijl-x	$d_{G}^{=n}A^{n}V^{n}B^{-1}$	$s_{G}^{2}=\{i_{j}^{\Sigma}\} g_{ij}^{2}\}/d_{G}$	F <sub>G</sub> =s <sub>G</sub> <sup>2</sup> /s <sub>E</sub>	Illicite en principe.

# b) à la récolte

- observations et mesures précédentes ;
- mesure de la hauteur totale, du sol au bout de la feuille redressée verticalement la plus haute.

# c) après la récolte

- détermination du poids de matière sèche des plants ;
- mesure du pH moyen des pots (rapport sol/eau = 1/2,5).

# 2.5. Analyse statistique.

L'analyse statistique comprend :

- une analyse de la variance pour chaque variable observée (voir tableau · v ci-après);
- une comparaison de moyennes à l'aide du test de Newman et Keuls ;
- l'étude des corrélations simples sur les résidus d'ajustement (avec test de normalité des 2 variables et test de linéarité des regressions).

#### III - RESULTATS.

### 3.1. Influence des facteurs contrôlés sur les symptômes de carence.

### 3.1.1. Définitions des indices de carence en calcium et en phosphore,

Le degré de la carence en calcium a été apprécié à l'aide de deux indices de carence basés sur les mêmes observations visuelles initiales. Chaque feuille complétement dégainée recevant une note. Les notes échelonnées de 0 à 8, correspondaient aux aspects suivants :

- . 0 = aucun signe de carence en calcium,
- . 1 = frisotement ou décoloration du bord du limbe foliaire,
- . 2 = frisotement et décoloration du bord du limbe foliaire sur une largeur inférieure à 3mm,
- . 3 = frisotement et décoloration du bord du limbe foliaire sur une largeur supérieure à 3mm,
- . 4 = frisotement du bord du limbe foliaire et coloration vert-jaune du limbe.

- . 5 = frisotement du bord du limbe foliaire et coloration jaune-verte du limbe,
- . 6 = décoloration et dilacération du limbe foliaire sur le tiers de sa largeur,
- . 7 = décoloration et dilacération du limbe foliaire jusqu'à la nervure centrale,
- . 8 = mort de la feuille.

Cette échelle était applicable aux six hybrides doubles comparées. A partir de ces données et du nombre de feuilles degainées on peut définir deux appréciations de la carence en calcium :

- . un indice de carence "total" ou "cumulé" qui est simplement la somme des notes attribuées sur plan ;
- . un indice foliaire moyen de carence, qui est l'indice précédent divisé par le nombre de feuilles complétement défainées.

Ces résidus d'ajustement de ces variables suivent apparemment une loi normale.

En réalité l'échelle présentée ci-dessus n'a été définie que progressivement. Seule seront donc présentées l'analyse des résultats obtenus du 27ème jour.

La carence en phosphore n'a fait l'objet pour sa part, que d'une simple notation du type "présence-absence" de la carence en phosphore se traduisant par des limbes et des tiges rouge-violacés .

### 3.1.2. Résultats.

#### 3.1.2.1. Carence en calcium.

Que l'on considère l'indice total ou l'indice moyen de carence en calcium les actions des trois facteurs controlés "dose", "variété" et "dose X variété" apparaissent comparable, et significatives (cf le tableau V ci-après).

	In	dice total	Indice moyen		
Facteurs contrôlés	Variance	F de Fisher (et probabili- té)	Variance	F de Fisher (et probabili- té)	
Dose d'amendement D	2055,86	132,39(p>0,999)	13,974	109,30(p>0,999)	
Variété V	180,99	11,66 (p>0,999)	1,288	10,07(p>0,999)	
Interaction DxV	37,70	2,43 (p=0,981)	0,275	2,15(p=0,964)	
Variance générale	87,82	-	0,621	<del>-</del>	
Variance résiduelle	15,53	-	0,128	-	
Coefficient de variation	34,41	-	37,82	-	

Tableau V : Résultats essentiels des analyses de variance et des indices de carence en calcium au 27ème jour.

Dans les deux cas le coefficient de variation est élevé : 34,4 et 37,8 %. Mais ce résultat rend très bien compte de l'hétérogénéité des symptômes que l'on constatait au niveau des deux plants de chaque "parcelle".

On a observé toutefois que cette hétérogénéité générale decroissait avec le temp alors que l'influence des facteurs contrôlés se renforçait.

Les résultats de la comparaison des moyennes sont consignés dans le tableau VI.

Doses en t/ha.	Variantes i	Valeurs		ariantes) ativement	In Valeurs moyennes	dice moyen Doses (variantes) significativement différentes
0	1	21,42	2(**),	3(**)	1,772	2(**)
0,142	2	3,13	1(**),	3(**)	0,267	1(**), 3(**)
4,00	3	9,81	1(**),	2(**)	0,797	2(**)

Tableau VI : Influence de la dose de CaO sur les indices total et moyen de carence en calcium.

L'apport du CaO entraine une diminution analogue des deux indices de carence en calcium. Néanmoins c'est pour la dose de 0,142t/ha de CaO que l'on observe le plus faible indice.

3.1.2.1.2. effet "variété".

Les résultats de la comparaison des moyennes de l'effet "variété" sur les deux indices sont présentés dans les tableaux VII et VII bis.

Variétés	Indices totaux	Variétés dont les indices totaux sont significativement différents.					
		GH 5004 (18,00)	XL 81 (14,25)	XL 94 (10,42)	HYC 9 (9,25)	SERG (8,63)	XL 82 (8,16)
XL 82	8,16	**	**				
SERG	8,63	**	**				7
HYC 9	9,25	**	**			1	
XL 94	10,42	**	*				
XL 81	14,25	*		•			
GH 5004	18,00		•				

Tableau VII : Influence du facteur "variété" sur l'indice total de carence en calcium

Variétés	Indices moyens	Variétés GH 5004 1,504		différ		significati Sergent 0,717	vement XL 82 0,674
XL 82	0,674	**	*				
Sergent	0,717	**	*				
Hycorn 9	0,748	**	×				
XL 94	0,855	**	*		•		
XL 81	1,174	*		•			
GH 5004	1,504		•				

Tableau VII bis : influence du facteur "variétés" sur l'indice moyen de carence en calcium.

Comme on peut le constater d'après ces tableaux, les six variétés se classent exactement dans le même ordre et en les deux mêmes groupes, que l'on considère l'indice total ou l'indice moyen de carence en calcium :

- . d'une part les variétés les moins sensibles XL 82, Hycorn 9, Sergent, XL 94:
- . d'autre part les variétés les plus sensibles XL 81 et surtout GH 5004 qui est lui-même plus sensible que XL 81 à la carence en calcium.

#### 3.1.2.1.3. interaction "dose x variété".

Le graphique 1 qui rassemble les valeurs moyennes des indices totaux en fonction des facteurs "variété" et "dose", illustre bien le sens qu'il convient de donner à l'intéraction "dose-variété" celle-ci se présentant de manière analogue pour les deux indices (pour les résultats des tests de comparaison des moyennes des indices totaux et moyens on se reportera à l'annexe).

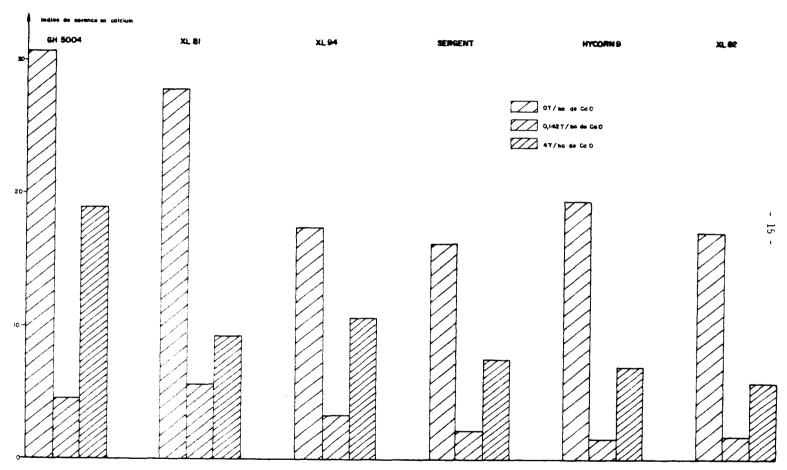


Fig.1... Indice de carence en caicium en fonction des doses de CaO

Considérons tout d'abord le facteur variété. On constate que si l'on peut distinguer deux groupes de sensibilité à la carence en calcium lorsque l'on napporte pas de chaux (les variétés GH 5004 et XL 81 apparaissant dans ces conditions comme les plus sensibles à la carence en calcium), ou lorsque l'on apporte 4t/ha de CaO (la variété GH 5004 apparaissant alors seule différente de toutes les autres), on n'observe plus aucune différence significative lorsque l'on effectue un faible apport de CaO (142kg/ha).

Considérons maintenant le facteur "dose". On constate que lorsque l'on passe de 0 à 4t/ha de CaO les deux indices de carence en calcium de chaque variété diminuent significativement, sauf pour XL 94, alors qu'au contraire ils augmentent lorsque l'on passe de 0,142 à 4th/ha de CaO.

Comme nous le verrons au niveau de la discussion de l'ensemble des résultats ces observations sont à mettre en relation avec la carence en phosphore mise en évidence sur le traitement "0,142t/ha de CaO".

#### 3.1.2.1. Carence en phosphore.

Des signes de carence en phosphore significatif ont été observés, en effet, sur tous les plants ayant reçu la dose 0,142t/ha de CaO, (sauf XL 81), celle ci correspondant en réalité aux apports de CaO par la fumure phosphatée à base de phosphate tricalcique.

Parmi les six variétés, excepté XL 81 peu sensible apparemment à cette carence, Hycorn 9 apparait de loin la plus sensible.

# 3.2. Influence des facteurs contrôlés sur la croissance en hauteur et le nombre de feuilles.

### 3.2.1. Influence sur la hauteur des plants.

Les trois facteurs contrôlés "dose", "variété" et "dose x variété" ont agit de façon significative sur la hauteur des plants (cf annexe 2 pp 40 ), les coefficients de variation variant seulement de 8 à 13% mais augmentant cependant avec l'âge des plants.

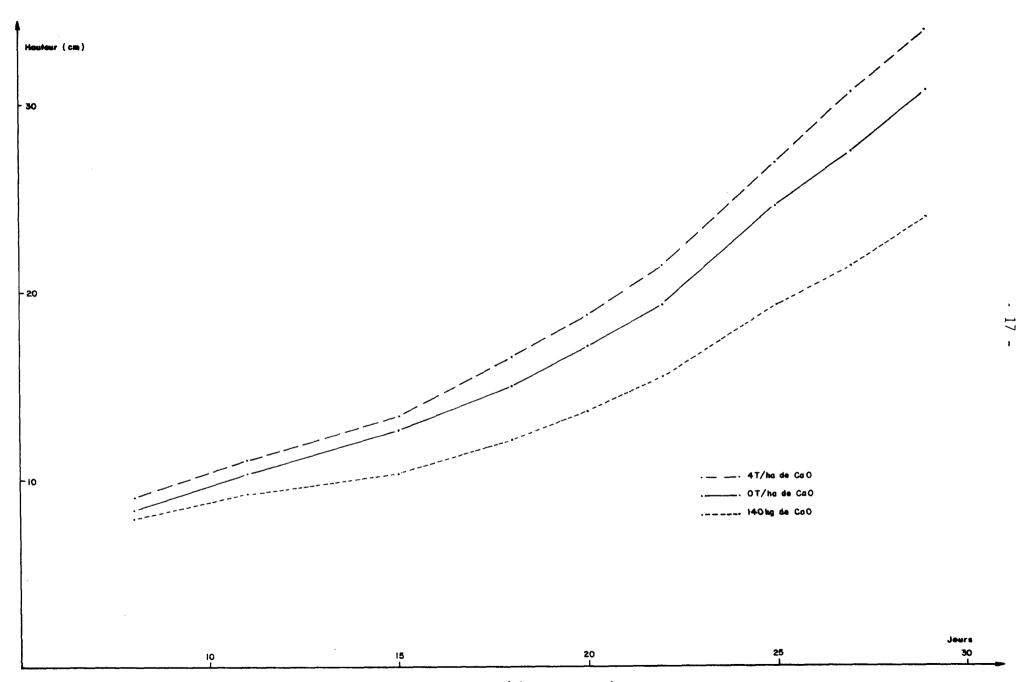


Fig.2 \_ Hauteurs des plants en fonction de la dose de CaO ( toutes variétés confondues)

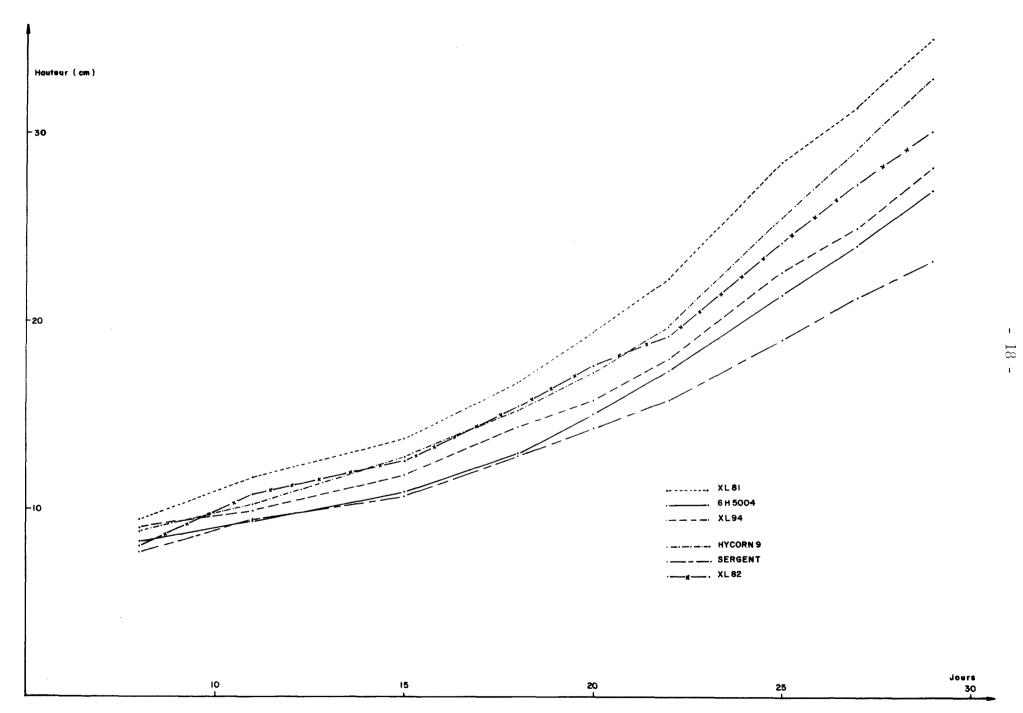


Fig.3 - Hauteurs des plants en fonction de la variété (toutes doses de CaO confondues)

# 3.2.1.1. Effet dose (fig. 2).

La figure 2 montre nettement l'influence générale, très hautement significative, du facteur "dose" sur la croissance.

On constate ainsi que la hauteur la plus petite s'observe sur les plants ayant reçu l'équivalent de 0,14t/ha de CaO et la hauteur la plus grande sur les plants ayant reçu 4t/ha de CaO.

On peut observer également que les différences de hauteur en fonction des doses vont en s'accentuant avec l'âge des plants, ce qui est d'une certaine façon logique, l'expérience se déroulant entièrement pendant la phase exponentielle croissante de la croissance.

#### 3.2.1.2. Effet variété (fig. 3)

Le facteur variété agît pour sa part très rapidement de façon significative sur la hauteur des plants bien qu'en principe les six variétés testées atteignent finalement la même taille et possèdent des cycles de même longueurs.

Les différences de hauteur se précisent ici avec l'âge des plants (cf. fig. 3), les variétés XL 81 et Hycorn 9 atteignent au 29ème jour les tailles les plus élevées, la variétés Sergent demeurant la moins haute.

# 3.2.1.3. Interaction "dose-variété" (fig. 4)

L'interaction entre les deux facteurs contrôlés devient significative au seuil 5% à partir du 15ème jour.

On retrouve alors, pour chaque variété, les résultats précédents (cf ci-dessus paragraphe 3.2.1.1.), sauf en ce qui concerne XL 94 dont les plants les plus élevés sont ceux n'ayant reçu aucun amendement calcique.

# 3.2.2. Cas particulier de la "hauteur totale".

Sur ce paramètre, observé une seule fois à la récolte au 29ème jour, les effets du facteur "dose" sont semblables à ceux observés sur le paramètre "hauteur à la dernière feuille complètement dégainée", mesuré plusieurs fois dans l'intervalle : les trois hauteurs sont significativement différentes

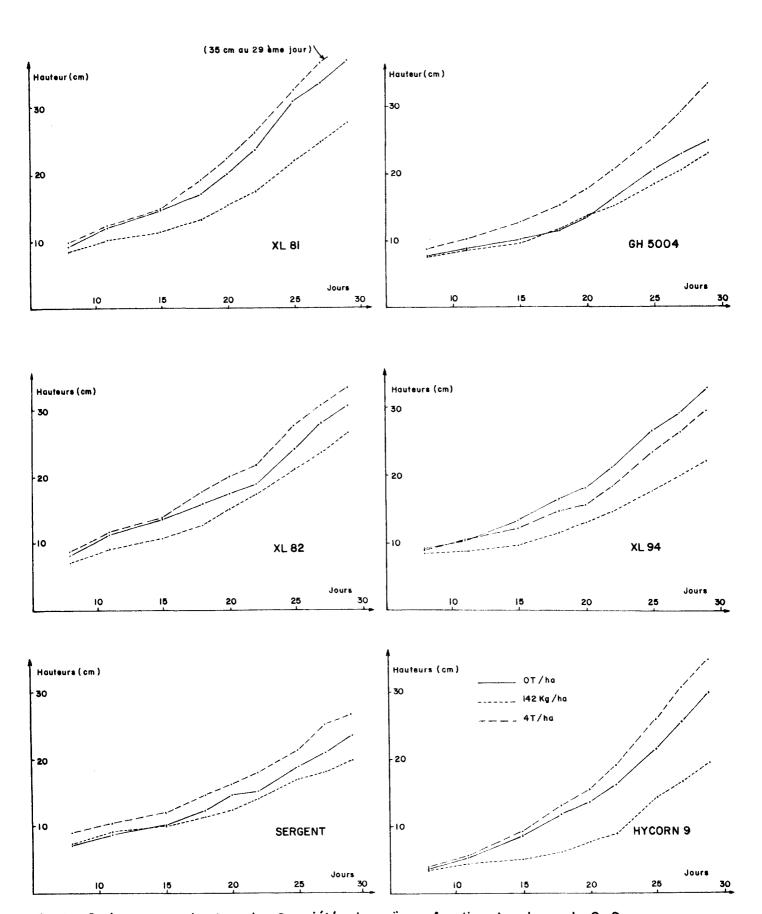


Fig. 4 \_ Croissance en hauteur des 6 variétés de maïs en fonction des doses de Ca O

les unes des autres et classées dans l'ordre suivant :

```
1: H = 78,1 cm; dose = 0,142t/ha
2: H = 89,8 cm; dose = 0t/ha
3: H = 110,2 cm; dose = 4t/ha
```

Les effets du facteur "variété" sont par contre assez différents : la variété la plus haute est Hycorn 9, la plus courte Sergent, les autres se répartissant différemment dans l'intervalle.

Les effets de l'interaction "dose x variété" sont pour leur part analogues à ceux observés sur le premier paramètre excepté sur GH 5004 qui présente alors des plants moins développés en l'absence d'amendement.

3.2.3. Influence des facteurs contrôlés sur la vitesse de croissance en hauteur. (fig. 5 et 6)

Les facteurs principaux ont presque toujours une influence significative sur la vitesse de croissance en hauteur (la signification est inférieure au seuil 95% dans un cas sur huit seulement pour le facteur dose et dans deux cas sur huit pour le facteur variété).

L'influence de l'interaction dose variété n'est, par contre, significative que dans deux cas sur huit. La raison en est probablement la faible précision des estimations des vitesses de croissances en hauteur qui sont entachées des erreurs de mesure commises sur les hauteurs et des variations aléatoires les affectant : le coefficient moyen de variation de ces estimations est, en effet, de 35,5 %; il oscille entre 23,3 et 45 % (alors qu'il oscille entre 8 et 13 % pour les hauteurs).

D'une façon générale, on retrouve sur ce paramètre les observations faites plus haut, au sujet des hauteurs :

- . les vitesses les plus élevées concernent les variétés XL 81 et Hycorn 9, la vitesse la plus faible la variété Sergent ;
- . les vitesses les plus élevées s'observent sur les plants ayant reçu 4t/ha de CaO (sauf dans le cas de XL 94), les vitesses les plus faibles sur ceux n'ayant reçu que 0,142t/ha.

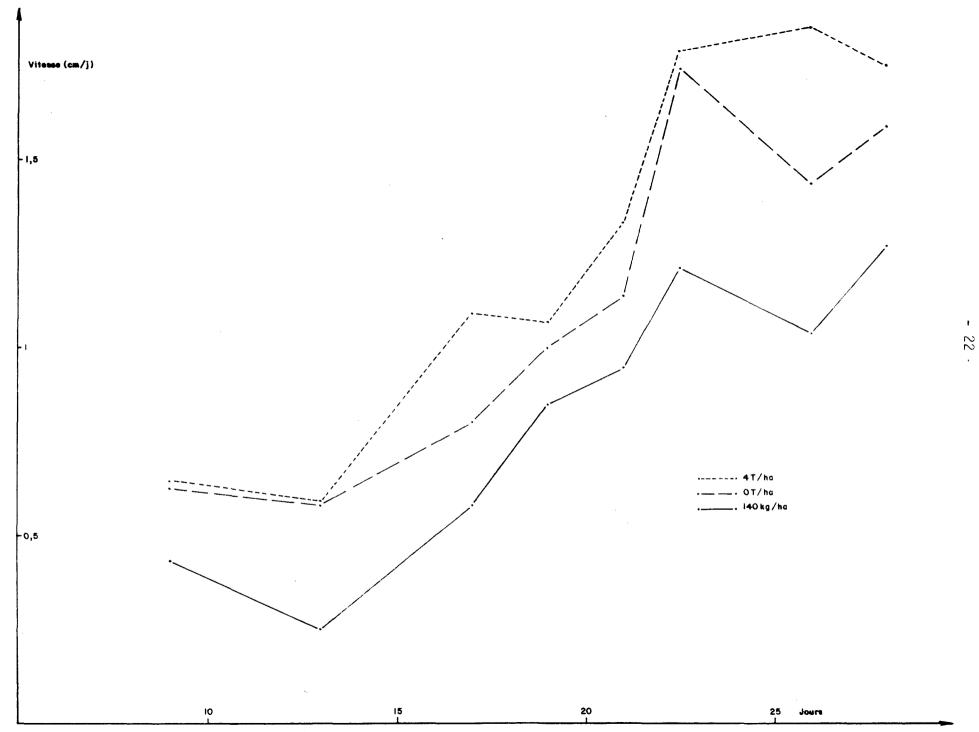
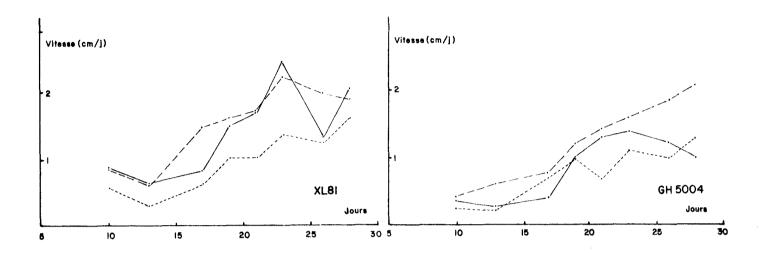
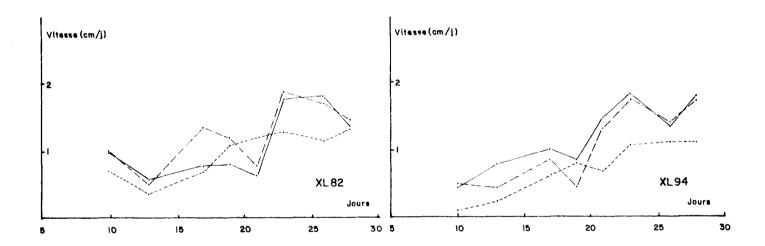


Fig.5. Vitesse de croissance (toutes variétés confondues) en fonction des doses de CaO





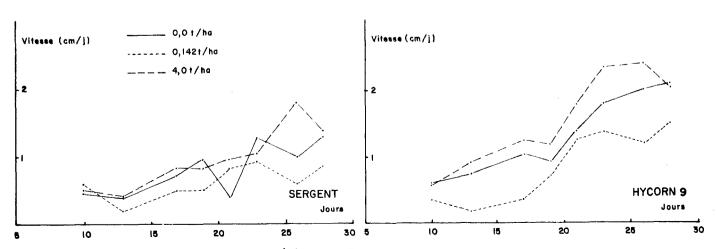


Fig.6\_Vitesse de croissance des 6 variétés de maïs en fonction des doses de CaO

# 3.2.4. Influence des facteurs contrôlés sur le nombre de feuilles complétement dégainées.

Au contraire des autres paramètres qui viennent d'être examinés, le nombre de feuilles complètement dégainées, n'a été influencé que par le facteur dose. Mais seuls le nombre de feuilles émises sur le traitement 0,142t/ha de CaO (11,40) est significativement différent (au seuil 5%) des deux autres nombres relatifs aux traitements 0 et 4t/ha de CaO (respectivement 12,25 et 12,33).

# 3.3. Influence des facteurs contrôlés sur le poids de matière sèche.

Les principaux résultats de l'analyse de variance du poids de matière sèche sont reppelés dans le tableau VIII ci-dessous.

Facteurs controlés	Variance	F. de Fisher	Degrés de signification
Dose d'amendement D	878,06	115,08	supérieur à 1%
Variétés V	107,62	14,10	supérieur à 1%
Interaction D x V	23,75	3,11	1 %
Blocs	2,40	0,31	-
Variance générale	41,24	-	-
Variance résiduelle	7,63	-	- ,
	C.V.=20%	-	_

Tableau VIII : poids de matière sèche à la récolte Analyse de variance.

Les trois facteurs contrôlés agissent ainsi de façon très nette sur cette variable (seuils de 1% à  $1^{\circ}/\circ\circ$ ) malgré un coefficient de variation relativement important (20%). Les répétitions (blocs) sont très homogènes.

# 3.3.1. Effet "dose" :

Les résultats de la comparaison des moyennes sont consignés dans le tableau IX

Doses (i = variante)	Moyennes	Doses (variantes) significativement différentes.
Ot/ha (i=1)	13,93	2(++), 3(++)
0,142t/ha (i=2)	7,37	3(++), 1(++)
4t/ha (i=3)	19,45	1(++), 2(++)

(++) : significatif au seuil de 1%.

Tableau IX : poids de matière sèche (g) à la récolte en fonction de la dose de CaO appliquée.

Ce tableau montre que les poids de matière sèches observés en fonction de la dose de CaO appliquée sont tous significativement différents les uns des autres, le poids le plus faible s'observant sur les plants ayant reçu l'équivalent de 142kg/ha de CaO, les poids les plus élevé sur ceux ayant reçu la dose de 4t/ha.

#### 3.3.2. Effet variété.

Les résultats de la comparaison des poids moyens de matière sèches des différentes variétés sont présentés dans le tableau X ci-après.

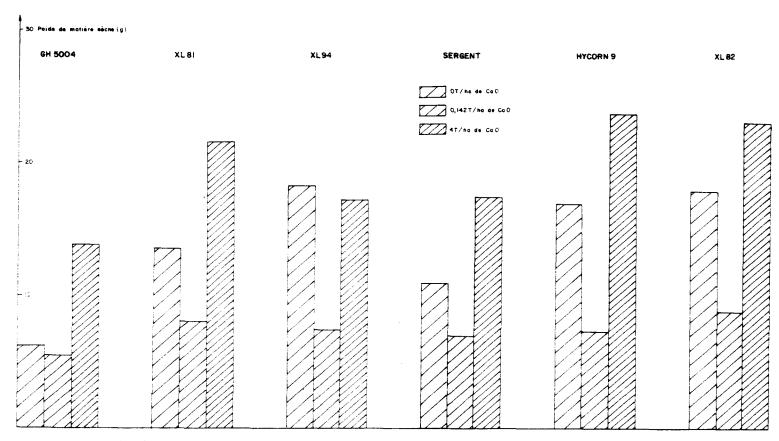


Fig.7\_ Poids de matière sèche en fonction des 3 doses de CaO

Variétés	Poids moyens de matières sèches g/pot		és dont 1 Hycorn 9 (16,02)				
GH 5004	8,53	**	**	**	**	**	
Sergent	11,74	**	**	-	*		•
XL 94	14,26	-	_	-		•	
XL 81	14,40	-	-		1		
Hycorn 9	16,02	_					
XL 82	16,54		•				

- (\*) = différence significative au seuil de 5%
- (\*\*) = différence significative au seuil de 1%

Tableau X : comparaison des poids de matière sèche des variétés, (g) à la récolte.

Comme on le constate sur ce tableau, il existe une forte hétérogénéité inter-variétale. Mais on peut classer les variétés en 2 groupes :

- . GH 5004 et Sergent, qui ont les poids de matière sèche les plus faibles,
- . XL 94, XL 81, Hycorn 9 et XL 82 qui ont les poids de matière sèche les plus élevés.
- 3.3.3. Interaction "dose x variété" (cf fig. 7 et annexe 2 p 41).

La figure 7 illustre très bien le fait que l'hétérogénéité intervariétale constatée ci-dessus est influencée en réalité - comme l'indique la signification de l'interaction - par l'apport de calcium.

Si l'on seréferre aux résultats détaillés de l'analyse de variance du paramètre (cf annexe 3 p 42 ), on constate plus précisément.

- qu'en l'absence d'apport de CaO on peut distinguer 2 groupes de variétées, les variétés GH 5004 et Sergent constituant le premier aux masses les plus faibles;
- 2. que l'apport de 142kg/ha de CaO ne permet plus de distinguer une variété des autres, ou un groupe de l'autre ;
- 3. que l'apport de 4t/ha de CaO permet à nouveau de distinguer deux groupes de variétés, les variétés GH 5004 et Sergent constituant à nouveau mais avec la variété XL 94 en plus le premier groupe aux masses les plus faibles.

D'autre part, lorsque l'on considère l'influence sur le poids de matière sèche de chaque variété du facteur dose on peut remarquer que si le poids le plus faible s'observe toujours sur la dose 142kg/ha de CaO, pour toutes les variétés sauf pour la variété XL 94 la dose 4t/ha de CaO permet d'obtenir des masses de matière sèche significativement plus fort que la dose Ø

# 3.4. pH de la terre des pots après la récolte.

Le pH de la terre des pots a été mesuré immédiatement après la coupe des plants de maīs.

L'analyse statistique fait apparaître un effet "dose" très significatif (supérieur à  $1^{\circ}/\circ\circ$ ) : le pH augmente quand on passe de la dose "sans calcium" à la dose "4t/ha de CaO" (cf tableau XI).

Doses de calcium (i = variante)	Moyenne	Ecarts relatifs (%)	Doses (variantes) signi- ficativement différentes
Ot/ha (i = 1)	5,65	- 6,03	2(**), 3 (**)
0,142t/ha (i = 2)	5,85	- 2,70	1(**), 3 (**)
4t/ha (i = 3)	6,54	8,73	1(**), 2(**)
Variance	résiduelle	= 0,02 (C.V. = 2,5	4 %)

(\*) : significatif à 5%

(\*\*) : significatif à 1%

Tableau XI : pH de la terre des pots de culture après la récolte en fonction de la dose de calcium.

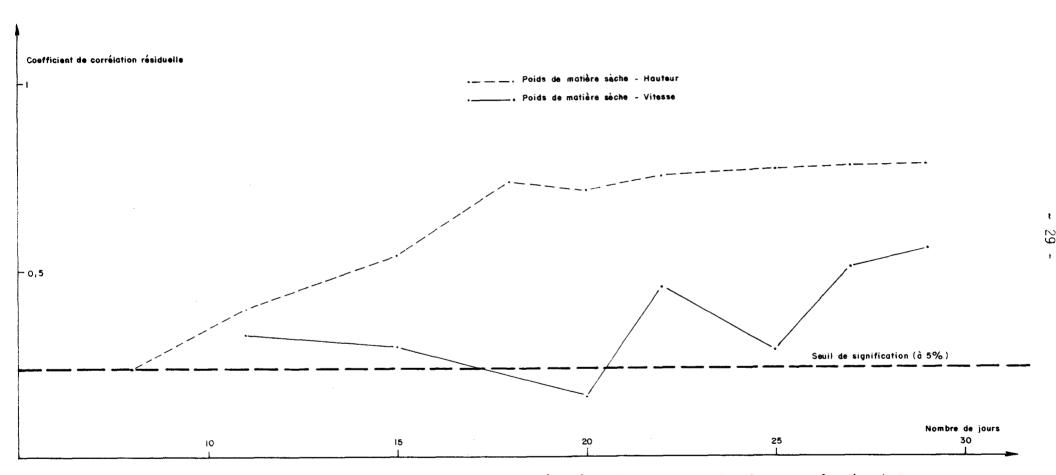


Fig.8 \_ Evolution du coefficient de corrélation résiduelle entre le poids de matière sèche, les hauteurs et les vitesses en fonction du temps

#### IV - DISCUSSIONS.

Les informations apportées par les résultats précédents apparaissent, en fin d'analyse, très cohérentes.

# 4.1. Symptomatologie de la carence en calcium.

Concernant, en premier lieu, la symptomatologie de la carence en calcium du maïs induite par un excès de magnésium dans le sol, trois points nous semblent pratiquement acquis dorénavant :

- . l'homogénéité intervariétale des symptômes ;
- . la validité des indices de carence fondés sur des critères morphologiques ;
- . les conditions de mise en évidence de la carence.

# 4.1.1. Homogénéité intervariétale des symptômes.

Observés pour la première fois par B. BONZON et J.L. JICQUEL en janvier 1984 sur l'hybride double GH 5004 (utilisé depuis le début de ces recherches expérimentales en serre sur vertisol hypermagnésien) tous les symptômes notés à cette occasion ont été retrouvés sur les cinq autres hybrides doubles mis en comparaison avec le premier. Hiérarchisés avec plus de précision au cours de l'expérience présente, l'échelle de valeur qui en est résultée est parfaitement applicable <u>aux</u> six variétés.

### 4.1.2. Validité des indices de carence totaux et moyens.

Les variations résiduelles de l'indice de carence au 27ème jour apparaissent étroitement et logiquement correlées avec les variations résiduelles des hauteurs à partir du 15ème jour comme l'indique le tableau XII et la figure 8.

Paramètre		Hau	teur (nom	bre de j	our)		Poids de M.S. à la récolte.
	H15	H18	H20	H22	H25	H27	
Coefficient de corrélation	-0,25 <sup>*</sup>	-0,46 <sup>***</sup>	-0,44 <sup>***</sup>	-0,41**	-0,36 <sup>**</sup>	-0,32 <sup>**</sup>	-0,43 <sup>***</sup>

Seuil de signification : x = 5% xx = 1%  $xxx = 1^{\circ}/\circ \circ$ 

Tableau XII : Corrélation résiduelle entre l'indice de carence cumulé, les hauteurs et le poids de matière sèche à la récolte.

D'une façon générale, les plants apparemment les plus carencé en calcium et qui ont donc l'indice de carence le plus élevé sont bien les plus courts et les moins lourds.

Cette relation s'observe également très bien au niveau de chaque variété lorsque l'on rapproche les résultats obtenus sur les plants ayant reçu 0 et 4t/ha de CaO, excepté dans un cas : celui de l'hybride XL 94 dont on verra finalement qu'il constitue une originalité dans ce lot de 6 hybrides doubles.

Variétés.	Apport de Indication de carence en cal- en t/ha cium au 27ème jour		Hauteur des plants au 18ème jour	Poids de matière sèche au 29ème jour
XL 81	0	27,9	17,2	13,6
	4,00	9,3	19,2	21,6
XL 82	0	17,0	15,9	17,8
	4,00	5,8	17,7	23,0
XL 94	0	17,4	16,5	18,2
	4 <b>,</b> 00	10,6	14,8	17,2
Hycorn 9	0	19,4	16,7	19,9
	4,00	6,9	18,0	23,8
Sergent	0	16,3	12,3	10,9
	4,00	7,5	14,5	17,4
GH 5004	0	30,6	11,6	6,2
	4,00	18,9	15,3	13,8

Tableau XII : Indice de carence, hauteurs et poids de matière sèche en fonction de la variété et des doses de calcium.

On peut regretter naturellement de n'avoir ici aucune information sur les teneurs en éléments minéraux notamment en calcium et en phosphore des parties aériennes.

# 4.1.3. Facteurs limitant la mise en évidence de la carence en calcium.

Cette carence en phosphore induite sur les traitements ayant reçu 0,142t/ha de CaO (sous forme de  $Ca_3$  ( $PO_4$ )<sub>2</sub>) a permis de vérifier à nouveau une observation antérieure : la mise en évidence de la carence en calcium (à partir de symptomes foliaires) est d'autant plus facile que tous les autres facteurs limitants de la croissance et du développement ont été levés, notamment la carence en phosphore.

Dans le cas présent, sur toutes les variétés, les plants les moins carencés en calcium sont toujours les plus faiblement développés car les plus carencés en phosphore ( 0,142t/ha de CaO sous forme de Ca $_3(PO_4)_2$ ). Le phosphate tricalcique est très peu soluble (0,02g/l dans l'eau à  $20^{\circ}$ C) et plus difficile à absorber que le dihydrogèno-phosphate d'ammonium utilisé sur les 2 autres traitements. De plus cette dernière forme est très soluble (227g/l dans l'eau à  $20^{\circ}$ C). Globalement, une relation inverse apparait très nettement entre les indices de carences en phosphore, en calcium, et le poids de matière sèche (voir tableau XIII). Les indices sont d'autant plus élevés que la carence est plus sévère.

Doses CaO t/ha	Indices de	Carence	Poids de M.S.(g).	Forme de l'apport de phosphore.
	Phosphore	Calcium	м.з.(у).	de phosphore.
0	0,13	21,4	13,9	NH4H2PO4
4	0,21	9,8	19,5	
0,142	1,42	3,1	7,4	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>

Tableau XIII - Indices de carence et poids de matière sèche en fonction des doses de CaO et des formes de phosphore.

# 4.2. Différences de sensibilité au déséquilibre Calco-magnésien.

Cette expérience en serre a permis de mettre en évidence une différence de sensibilité au déséquilibre calco-magnésien en fonction de la variété. L'indice de carence en calcium permet de distinguer 2 groupes :

- 1. GH 5004 et XL 81, variétés les plus sensibles
- 2. XL 94, Sergent, Hycorn 9 et XL 82, variétés les moins sensibles.

Au sein de ces 2 groupes, on constate 2 comportements différents quand on augmente l'apport en calcium de Ot/ha à 4t/ha : des variétés où l'apport de 4t/ha de CaO fait baisser la valeur de l'indice de 40% (GH 5004 et XL 94) et des variétés où le même apport fait baisser l'indice de 60 à 70% (XL 81, Sergent, Hycorn 9 et XL 82). Il semblerait donc que pour certaines variétés, les signes foliaires de carence en calcium disparaissent plus vite, indiquant ainsi des tissus foliaires (membranes et parois du mésophylle) moins touchés par les déformations. Cela peut être important quand on sait que la carence en calcium entraine une absence de fécondation des grains et que cette non fécondation est d'autant plus importante semble-t-il que la carence en calcium est importante. Cette hypothèse demanderait à être testés au champ dans un essai inter-variétal du même type que celui-ci.

L'examen de l'évolution du poids de matière sèche en fonction de la dose de calcium chez chaque variété confirme ces résultats sauf pour XL 94 sur laquelle nous reviendrons.

L'augmentation de poids des plants quand on passe de la dose Ot/ha à 4t/ha est (en %) : de 223% pour GH 5004, 159% pour XL 81 et Sergent, 138% pour Hycorn 9 et 128% pour XL 82. On retrouve bien le classement établi avec l'indice de carence en calcium.

Par contre, XL 94, malgré des symptômes de carence très net, ne semble pas avoir souffert au plan photosynthétique du déséquilibre calco-magnésien : il n'y a pas d'augmentation de matière sèche quand on apporte 4t/ha de CaO par rapport à Ot/ha de CaO (il y a même diminution de 6%).

Ces différences de sensibilité apparaissent dès le 15ème jour au niveau de lahauteur des plants.

Ainsi que nous l'avons vu dans un paragraphe précédent, celles-ci dépendent vraisemblablement de la nutrition minérale globale de la plante et en particulier de la nutrition phosphatée puisque lorsque le phosphore est apporté sous forme insoluble, la carence qui apparait ne permet plus de distinguer les 6 variétés vis-à-vis des signes de carence en calcium.

# V - CONCLUSION.

Cette expérimentation en serre nous a donc permis de mettre en évidence 2 groupes de variétés possédant des sensibilités différentes au déséquilibre calco-magnésien :

- GH 5004 et XL 81,
- Sergent, Hycorn 9 et XL 82,

XL 94 formant un cas à part.

Cette première approche devrait déboucher sur :

- 1. une expérimentation au champ sur le même type de sol afin de vérifier les conclusions obtenues en serre et afin de voir l'influence de la carence en calcium sur la fécondation des grains en fonction de la variété.
- 2. une expérimentation en serre permettant de vérifier si cette différence de sensibilité est dûe à une capacité d'absorption de calcium différente suivant les variétés (KAWASKI et MORITSUGU 1979).

#### BIBLIOGRAPHIE.

- BEAUDOU A.G. et al (1983) : Etude morphopédologique de la région de la Tontouta, éch. 1/50.000 ORSTOM Nouméa, 31 p.
- BONZON B. et al (1981) : Statut minéral d'un maïs à mi-cycle sur vertisol magnésien ORSTOM Noumea, 45 p.
- CARTER M.R., WEBSTER G.R. (1979): Calcium deficiency in some solonetzic soils of Alberta. J. of Soil Sci., 30, pp. 161-174.
- FABIOLA S., PICH L.I.(1973) Plant nitrogen metabolism and Calcium or Potassium deficiency Biologia Plantarum, 15, (3), 194-201.
- HALL C.T., HEGWOOD D.A. (1975): The effect of soil Ca level in four soil pH-Mg combinations on the Ca and Mg level in sweet corn (Zea Mays L.) Commun in Soil Sci. Pl. Anal., 6, 555-970.
- KAWASKI T., MORITSUGU M. (1979): A characteristic symptom of Calcium deficiency in Maize and Sorghum. Comm. in Soil Sci. Pl. Anal., 10 (1/2), 41-56.
- LE MARTRET H. (1984): Mouvement des ions dans des sols chimiquement très déséquilibrés (Magnésien et Hyper-magnésien) de Nouvelle-Calédonie après apports d'amendements. ORSTOM Nouméa 28 p.
- MALAVOLTA E. et al. (1975) : Estudos sobre a Nutrição mineral do millo : II. Deficiencias de Macronutrientes Na Variedade Pirancão. Anais da E.S.A. "Luiz de Quieroz", Vol XXXII. 509-525.
- MELSTED S.N. (1953): Some observed Calcium Deficiencies in Corn under field conditions. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 17 (1), 52-54.
- PISSAREK H.P. (1979): Einflus von Ca-Mangel auf dem Aufbau des blatt und Stengelgewebes von Mais ond Sonnenblumen. Angewandte Botanik, 53, (5/6), 215-224.
- SILVA J.E., DA (1980): Balanco de Calcio e magnésio e desenvolumento do milho em solos sob cerrado. Pesquisa Agre pecuaria Brasileira, 15, (3), 329-333.
- SIMSON C.R., COREY R.B., SUMMER M.E. (1979): effect of varying Ca/Mg ratios on Yield and Composition of Corn (Zea Mays) and Alfalfa (Medicago Sativa) Comm. in Soil Sci. Pl. Anal., 10, (162), 153-162.
- SMITH C.B. (1984): Sweet corn grown responses and leaf concentrations as affected by lime types and fertilizer treatments in five year study. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109 (4), 572-577.

- SOANE B.D., SAUNDER D.H. (1959): Nickel and Chromium toxicity of serpentine soils in Southern Rhodesia Soil Sci., 88(6), 322-329.
- TERMAN G.L., ALLEN S.E. (1974): Accretion and dilution of Nutrient in young corn, as affected by yield response to nitrogen, Phosphorus and Potassium Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 38, 455-459.
- TERMAN G.L., ALLEN S.E., BRADFORD B.N. (1975): Nutrient-Dilution Antagonism effects in corn and snap beans in relation to rate and source of applied potassium. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., 39, 680-685.
- WALLACE A., RONNEY E.M., KINNEAR J.E. (1977): Metal interactions in Bush Bean plants grown in glasshouse in Amended serpentine soils from California. Comm. in Soil Sci. Pl. Anal. 8 (9), 727-732.

ANNEXES.

# COMPARAISON DE LA SENSIBILITE DE SIX HYBRIDES DOUBLES DE MAIS AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN D'UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN. RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE.

# 1 - Paramètres observés.

PARAMETRES (sigles)	UNITES	DEFINITIONS	OBSERVATIONS - FORMULES.
H <sub>i</sub>	cm	Hauteur au ième jour	
Нj	cm	Hauteur au i'ème jour	
V <sub>i-i</sub>	cm/j	Vitesse de croissance en hauteur entre les i et i'ème jour	V <sub>i-i</sub> ' = (H <sub>i</sub> '-H <sub>i</sub> )/(i'-i)
CCA	-	Indice de carence en calcium	
PSTF	g	Poids de matière sèche des parties aériennes	·
PH	-	PH de la terre des pots en fin d'essai	
FD27		Nombre de feuilles complètement dégainées au 27ème jour.	

# COMPARAISON DE LA SENSIBILITE DE 6 HYBRIDES-DOUBLES DE MAIS AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN D'UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN 2 - RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE.

N°	Sigles	PARAMETRES Unités	Valeurs	C.V. %	EFFETS DES Dose	FACTEURS CONTROLES ( Variété	Probabilités des tes Dose x Variété	ts F). Bloc
1	Н8	cm	moyennes 8,49	8,1	1	1	0,733	0,274
2	H11	/	10,18	8,8	1	1	0,803	0,185
3	H15	/	12,06	8,5	1	1	0,995	0,014
4	H18	/	14,54	11,0	1	1	0,991	0,018
5	H20	1	16,49	11,3	1	1	0,990	0,045
6	H22	/	18,70	12,8	1	1	0,998	0,109
7	H25	/	23,52	11,0	1	1	0,991	0,020
8	H27	/	26,41	12,2	1	1	0,946	0,047
9	Н29	/	29,42	12,9	1	1	0,928	0,009
10	нт	/	92,67	13,9	1	1	0,993	0,272
11	V8-11	cm/j	0,57	34,9	0,999	1	0,593	0,247
12	V11+15	/	0,47	34,2	1	0,997	0,999	0,230
13	V15-18	/	0,83	38,3	1	0,916	0.946	0,076
14	V18-20	/	0,97	43,8	0,811	0,994	0,457	0,603
15	V20-22	/	1,14	34,8	0,994	1	0,986	0,027
16	V22-25	cm/j	1,59	23,3	, 1	1	0,594	0,229
17	V25-27	/	1,45	42,0	1	0,905	υ,208	0,431
18	V27-29		1,54	29,7	0,997	0,995	0,736	0,465

# COMPARAISON DE LA SENSIBILITE DE 6 HYBRIDES-DOUBLES DE HAIS AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN D'UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN 2 - RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE. (suite)

N°	Sigles	PARAMETRES Unités	Valeurs moyennes	C.V. %	EFFETS DES Dose	FACTEURS CONTROLES ( Variété	Probabilités des test Dose x Variété	s F). Bloc
19	CCA		0,945	37,8	1	1	0,964	0,635
20	PSTF	g	13,58	20,3	1	1	0,996	0,163
21	PH		6,01	2,5	1	0,827	0,421	U <b>,9</b> 04
22	FD27	/	12	6,9	1	0,497	0,763	0,659
		<u> </u>						
	<del></del>				!			
<del> </del>								
·		<u> </u>	:					
	<u> </u>	<u> </u>						
		;			***			
		d ·						
		!				!		

40

# 3 - COMPARAISON DE LA SENSIBILITÉ AU DESEQUILIBRE CALCO-MAGNESIEN DE 6 HYBRIDE DOUBLE DE MAIS-SERRE 1985

VARIABLE: PSTF	DA	TE :	11/04/85	UNITE : g
1-DONNEES OBSERVEES				
bloc 1		bloc 2	bloc 3	bloc4
X1 1k 11.990		10.990	17.240	14.010
X1 2k 20.570		17,970	19.460	13.230
X1 3k 20.200		15.640	18.700	18.250
X1 4k 16.610		15.880	19.530	15.660
X1 5k 10.580		17.100	6.730	9.035
X1 6k 6.910		3,900	9.470	4.690
X2 1k 4.870		9.550		7.930
X2 2k 6.090		9.670		7.025
X2 3k 10.780		8.175		8.850
X2 4k 5.840		7.590		7.010
X2 5k 4.545		6.320		11.620
X2 6k 2.710		5.550	5,955	7.990
X3 1k 20.100		20.550	22.930	22.620
X3 2k 24.480		24.110		23.170
X3 3k 12.820		16.210	20.120	19.730
X3 4k 26.700		19.010	24.890	24.430
<b>X3 5k</b> 18.670		18.790	15.360	16.770
X3 6k 15.960		11.210	) 13.350	14.600
2-MOYENNES ET ECARTS				
moyenne generale:	X	13.584	<b>!</b>	
moyennes du facteur i:	X1.=	13.931	l ( 2.55)	
,	X2.==	17.369	7 (-45,75)	
	XII.	19.452	2 ( 43.20)	
moyennes du facteur j:	X.1=	14.401	l ( 6.01) X.2:	= 16.546 ( 21.80)
,	X.3=		5 ( 5.01) X.4:	= 16.024 ( 17,.96)
	X.5=	11.744	1 (-13.54) X.6	8.525 (-37.25)
moyenne des interactor	s ij :			
	X1 1=	13.557	7( ~0.20) X1 3	
	X1 3=		Z( 33.96) X1 ×	
	X1 5=		$1(-20.04)$ X1 $\alpha$	
	X2 1=		5(-40,41) X2	
	X2 3=		5(-45.70) X2 ×	
	X2 5=		4(-48.66) X2 (	
	X3 1=		) ( 58.64) X3 (	
	X3 3=		0 ( 26.77) X3 4	
	X3 5=	1/207/	7( 28.07) X3 a	5= 13.7 <b>8</b> 0( <b>1.44</b> )
moyennes du facteur l:	X 1 ==	13.357	( -1.67) X2=	13.234 ( -2.58)
•	X3=	14.044	(3.39) $X4=$	13.701 ( 0.8 <b>6</b> )

# 3-ANALYSE DE VARIANCE

NOM VARIANCES :	VARIANCES	:	VALEUR DU F DE FISHER	:	PROBABILITE DU F
var.generale :	41.2389	:	and the last first was and the time that the time the time the time that the time the time the time the time the	1	and the like see the law the four see the four see the see the see the see the like
var.residuelle : (coeff.de variat.):	7.6297 (20.33)	H	100 (100 100 100 100 100 100 100 100 100	ti #	
dose amend :	878.0582	2	115.08380	:	1.000
varietes :	107.6159	\$	14.10482		1.000
effet bloc :	2.3949	*	0.31389	2	0.183 ′
nteraction Am*Var:	23.7463	3	3.11234	:	0.996

### COMPARAISON DE MOYENNES PAR LE TEST DE NEWMAN ET KEULS

	date :11/04/85 DONNEES :		pa	rametre :PS	TF	unit <b>e : g</b>	
		0 T = 1,4T =	13.931 7.369	NI = 2	4 SE :	7.630	
	RESUL	4 T =	19.452				
		1 1,41	2 0 T	3	1		
2	1,4T 0 T 4 T		++	**			

### COMPARAISON DE MOYENNES PAR LE TEST DE NEWMAN ET KEULS

date :11/04/85 parametre :PSTF

	DONNEE	S ;						•
		DDL = 5 XL81 = XL82 = XL94 = HYC 9 = SER6 = GH =	14.401 16.546	I = 12	SE =	7.630		
	RESULT	ATS :						
		1 GH	2 Serg	3 XL94	<b>4</b> XL81	5 HYC 9	6 XL82	
1 2 3 4 5 6	6H SER6 XL94 XL81 HYC 9 XL82		**	++	**	++	++	

unite : g

```
date :11/04/85
                              parametre :PSTF
 BONNEES :
        DOL = 51
                                                   7.630
        0-1L81 =
                    13.557
        0-1L82 =
                    17.807
         U-1194 =
        0-HYC9 =
                    16.920
        U-SERG =
                    10.861
         0-GH =
                    6.242
         1-XLBL =
                    B. 095
         1-11.82 =
                     8.925
         1-1194 =
                     7.376
         1-HYC9 *
                    7.395
                  6.974
5.551
         1-SERG =
        1-GH =
        4-XL81 =
4-XL82 =
                    21.550
                   23.005
17.220
         4-XL94 =
         4-HYC9 =
                   23.757
         4-SER6 * 17.397
         4-6H = 13.780 .
 RESULTATS :
                                                            6
1-XL81
                                                                                                                11
                                                                      1-XL82
                                                                                                                0-HYC9
1 1-6H
  0-6H
1-5ERG
                                                                                                                ++
                                                                                                                          ++
                                                                                                                                    ++
                                                                                                                                              ++
                                                                                                                                                                   ++
                                                                                                                                                                                        í÷
                                                                                                      ++
                                                                                                                                                         ++
                                                                                                                ++
                                                                                                                                    ++
                                                                                                                                              ++
                                                                                                                                                         ++
                                                                                                                                                                   ++
                                                                                                                                                                             ++
                                                                                                                ++
                                                                                                                          ++
                                                                                                                                    ++
                                                                                                                                              ++
                                                                                                                                                                   ++
4 1-XL94
                                                                                                                                                         **
                                                                                                                ++
++
                                                                                                                                    ++
                                                                                                                                                                   ++
5 1-HYC9
                                                                                                                          ++
                                                                                                                                              **
                                                                                                                                                         ÷+
                                                                                                                                                                             **
                                                                                                                                                                   ••
6 1-4LBI
                                                                                                                          ++
                                                                                                                                    ++
                                                                                                                                              **
                                                                                                                                                         **
                                                                                                                                                                   ++
++
                                                                                                                                    **
                                                                                                                                                                             ++
7 1-XLB2
8 U-SERG
9 0-1181
10 4-GH
11 O-HYC9
12 4-41.94
13 4-SERG
14 0-1L82
15 U-1194
16 4-XL81
17 4-xL82
18 4-HTC9
```

.