

**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**

•

**L. COLLET  
C. BOUCARON**

**A. PHILIPPE  
B. BONZON**

**INFLUENCE DU SOUFRE  
SUR LA CROISSANCE ET LES IMMOBILISATIONS MINÉRALES  
DE L'HYBRIDE DOUBLE DE MAÏS XL82  
CULTIVÉ SUR LE VERTISOL HYPER-MAGNÉSIEU DE RÉFÉRENCE  
DE LA VALLÉE DE LA TAMOA**

•

**ÉTUDE EXPÉRIMENTALE EN SERRE**

**MARS 1986**

---

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

---

L. COLLET  
C. BOUCARON

A. PHILIPPE  
B. BONZON

**INFLUENCE DU SOUFRE  
SUR LA CROISSANCE ET LES IMMOBILISATIONS MINÉRALES  
DE L'HYBRIDE DOUBLE DE MAÏS XL82  
CULTIVÉ SUR LE VERTISOL HYPER-MAGNÉSIEEN DE RÉFÉRENCE  
DE LA VALLÉE DE LA TAMOA**

•

**ÉTUDE EXPÉRIMENTALE EN SERRE**

**MARS 1986**



## S O M M A I R E .

	<u>Page</u>
1 - INTRODUCTION .....	2
2 - MATERIEL ET METHODES .....	2
2.1. Le sol utilisé .....	2
2.2. Dispositif expérimental .....	3
2.2.1. Type de l'essai .....	3
2.2.2. Variantes du facteur contrôlé .....	3
2.2.3. Amendement calcique et fumures .....	4
2.3. Observations .....	4
3 - RESULTATS .....	4
3.1. Croissance en hauteur .....	4
3.2. Signes foliaires de carence en calcium .....	10
3.3. Rendement en matière sèche, teneurs et exportations ... minérales	11
3.3.1. Rendement en matière sèche .....	11
3.3.2. Teneurs en éléments minéraux des parties aériennes	11
3.3.3. Exportations minérales .....	13
3.3.4. pH de la terre des pots et des percolats, et teneurs en bases des percolats en fin d'essai ..	13
4 - DISCUSSIONS .....	13
5 - CONCLUSIONS .....	15
 BIBLIOGRAPHIE .....	16

DOCUMENT ANNEXE : ANALYSES DE VARIANCE DES PARAMETRES OBSERVES.

## 1 - INTRODUCTION.

Lors du premier cycle cultural de maïs sur le champ de référence des vertisols hyper-magnésiens de Nouvelle-Calédonie, les plants de maïs des parcelles témoins n'ayant reçu aucun amendement calcique ont eu un comportement très différent de celui des plants cultivés en serre antérieurement (cf le compte-rendu de la visite du champ d'essai du 09.11.84).

Quatre hypothèses pouvaient être faites pour expliquer ces différences, dont celle de la présence d'une légère carence en soufre dans ce type de sol : la fumure potassique appliquée au champ consistait en du sulfate de potassium, tandis que celle utilisée en serre consistait en du chlorure de potassium.

Le but de la présente étude était d'aborder cette question.

## 2 - MATERIEL ET METHODES.

### 2.1. Le sol utilisé.

Il s'agit donc de l'horizon de surface (0-20cm) du vertisol hyper-magnésien de la région de la Tamoia retenu pour l'étude des amendements calciques sur ce type de sol. Ses caractéristiques physico-chimiques sont résumées dans le tableau I :

Granulométrie					C°/∞	N°/∞	C/N	PH eau
A	LF	LG	SF	SG				
47,2	16,3	9,0	14,4	8,1	25,5	2,05	12,5	5,8

TABLEAU I : Caractéristiques physico-chimiques du sol  
utilisé (horizon 0-20cm).

Complexe échangeable (meg/100g)					Phosphore (PPM)	
Ca	Mg	K	Na	T	total	Assimilable OLSEN
4,5	41,9	0,27	0,36	52,5	408	15,8

TABLEAU I (suite) : Caractéristiques physico-chimiques  
du sol utilisé (horizon 0-20cm).

C'est un sol à texture argileuse, difficile à travailler, carencé en phosphore et avec de faible réserve en potassium. Le déséquilibre calco-magnésien est très important dès la surface (rapport Mg/Ca de 9,3).

## 2.2. Dispositif expérimental.

### 2.2.1. type de l'eau

L'essai est du type à un seul facteur contrôlé à 4 variantes représentées complètement dans 6 blocs entièrement randomisés. Chacun des 24 traitements élémentaires comporte deux pots en position est-ouest.

### 2.2.2. variantes du facteur contrôlé.

Les quatres variantes du facteur contrôlé "dose de soufre" sont indiquées dans le tableau II ci-dessous :

Niveaux i	Quantités de soufre apportées et équivalentes.		
	en ppm de S	en mg de $SO_4F_e$ par pot de 5kg.	en kg/ha de S
1	0	0	0
2	10,68	253	32
3	32,04	759	96
4	64,08	1518	192

TABLEAU 2 : Variantes de facteur contrôlé.

### 2.2.3. amendement calcique et fumure.

La terre des pots a été amendée avec de la croûte calcaire titrant 42% de CaO, provenant du Col des Arabes. Cette croûte a été apportée sous forme de poudre et mélangée à sec avec la terre des pots avant remplissage de ces derniers (15, 87 g/pot équivalent à 4t/ha de CaO). Les quantités d'azote, de phosphore, de potassium et d'oligo-éléments apportées par pot sont indiquées dans le tableau 3 ci-après.

Le phosphore, le potassium et les oligo-éléments sont apportés en une seule fois au semis, alors que l'azote a été fourni en trois fois (semis, 11ème et 18ème jour).

### 2.3. Observations (cf également le tableau 4)

En cours de végétation les observations effectuées ont été les suivantes :

- mesure de hauteurs des plants,
- relevé des carences en calcium (ANDRE et BONZON, 1986).

Après la récolte les déterminations réalisées ont été :

- le poids de matière sèche par pot,
- les teneurs des tiges et feuilles en azote, phosphore, potassium calcium, magnésium et soufre. Les cations ont été dosés par spectométrie d'absorption atomique. Le soufre total a été dosé après oxydation du soufre en sulfate par le nitrate de magnésium. Le dosage des sulfates s'est fait au technicon,
- le pH des pots de culture. Le pH a été mesuré dans une solution sol/eau (rapport 1/2,5),
- les teneurs en calcium, magnésium, potassium et sodium des percolats et le pH de ces derniers

## 3 - RESULTATS (cf les tableaux 5, 5bis, 6 et 6bis et les tableaux du documents annexe)

### 3.1. Croissance en hauteur.

Dès la première mesure (au 12ème jour après le semis), l'effet du facteur contrôlé sur la hauteur des plants est très significatif :

celle-ci augmente lorsque la teneur en soufre s'élève de 0 à 32kg/ha, puis diminue lorsque les doses passent à 96 puis à 192 kg/ha.

TABLEAU 3 - QUANTITES D'ELEMENTS A APPORTER PAR POT.

Eléments	Variantes	Formes	Concentrations des solutions-mères en g/l de sels ou d'acides.	Volumes en ml des solutions-mères à apporter par pot à chaque épandage	Quantités d'éléments en mg/pot à apporter aux			Equivalents des éléments en kg/ha
					semis	11 <sup>e</sup> jour	18 <sup>e</sup> jour	
N	-	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	51,43	11,87; 10 ; 10	219,44	180	180	348
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-	NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	32,68	1,45	200,00	-	-	120
K <sub>2</sub> O	-	K H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	32,828	10,0	113,45	-	-	68
S	2	Fe SO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	46,33	10,0	53,3	-	-	32
	3	d°	d°	30,0	160,0	-	-	96
	4	d°	d°	60,0	320,0	-	-	192
B	-	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	1,000	10,0	1,75	1,75	-	1,05
Cu	-	Cu SO <sub>4</sub> , 5H <sub>2</sub> O	1,565	10,0	3,98	3,98	-	2,39
Mo	-	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> , 1,5 H <sub>2</sub> O	0,080	10,0	0,45	0,45	-	0,27
Zn	-	Zn SO <sub>4</sub> , 7H <sub>2</sub> O	1,200	10,0	2,73	2,73	-	1,64
CaO	-	Ca CO <sub>3</sub> *	-	-	6665,50			4.000

\* Apporté sous forme de poudre et mélangé à sec avec la terre des pots avant le remplissage de ces derniers.



TABLEAU 4 - PARAMETRES OBSERVES.

PARAMETRES (sigles)	UNITES	DEFINITIONS	OBSERVATIONS - FORMULES.
H <sub>i</sub>	cm	Hauteur au ième jour	
H <sub>i'</sub>	cm	" i'ème jour	
H <sub>T</sub>	cm	" totale à la coupe au 32ème jour	
V <sub>i-i'</sub>	cm/j	Vitesse de croissance entre le ième et le i'ème jour	
CCA <sub>n</sub>	-	nème indice de carence en calcium	
PSTF	g/pot	Poids de matière sèche des tiges et feuilles d'un plant	
NTF	%	Teneur en azote des tiges et feuilles	
PTF	%	" phosphore "	
KTF	%	" potassium "	
CaTF	%	" calcium "	
MgTF	%	" magnésium "	
STF	%	" soufre "	
QNTF	g/pot	Immobilisation en azote dans les tiges et feuilles	} Pour un élément E : QETF = ETF x PSTF/100
QPTF	"	" phosphore "	
QKTF	"	" potassium "	
QCaTF	"	" calcium "	
QMgTF	"	" magnésium "	
QSTF	"	" soufre "	
PH	-	pH de la terre des pots	
PHSOL	-	pH des percolats en fin d'étude	
CASOL	mg/l	Teneur en calcium des percolats en fin d'étude	
MGSOL	"	" magnésium "	
NASOL	"	" sodium "	
KSOL	"	" potassium "	
CA/MGSOL	-	Rapport des teneurs en calcium et magnésium des percolats	
CA/KSOL	-	" " calcium et potassium "	
MG/KSOL	-	" " magnésium et potassium "	
NA/S.SOL	-	" " sodium et sommes des bases	
(CA+K)/MGSOL	-	" " calcium + potassium et magnésium.	

5 - RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE.

PARAMETRES .								EFFET DU FACTEUR CONTROLE	
Sigle	Unité	Moyennes					C.V. %	Valeur du F	Probabilité
		Générale	0kg/ha	32kg/ha	96kg/ha	192kg/ha			
H12	cm	9,42	9,78 <sup>a</sup>	9,88 <sup>a</sup>	9,15 <sup>ab</sup>	8,85 <sup>b</sup>	5,7	5,17	0,988
H14	cm	10,47	11,35 <sup>a</sup>	11,02 <sup>a</sup>	9,81 <sup>b</sup>	9,70 <sup>b</sup>	4,9	15,71	1,000
H18	cm	14,18	16,07 <sup>a</sup>	16,10 <sup>a</sup>	12,46 <sup>b</sup>	12,08 <sup>b</sup>	4,4	74,66	1,000
H20	cm	15,60	17,64 <sup>a</sup>	18,61 <sup>a</sup>	13,24 <sup>b</sup>	12,93 <sup>b</sup>	5,1	82,31	1,000
H22	cm	17,50	20,11 <sup>a</sup>	20,75 <sup>a</sup>	14,80 <sup>b</sup>	14,38 <sup>b</sup>	4,9	93,14	1,000
H25	cm	21,49	24,60 <sup>a</sup>	25,65 <sup>a</sup>	18,22 <sup>b</sup>	17,51 <sup>b</sup>	4,5	115,62	1,000
H27	cm	25,39	28,09 <sup>a</sup>	29,12 <sup>a</sup>	22,50 <sup>b</sup>	21,87 <sup>b</sup>	4,6	62,44	1,000
H29	cm	29,00	32,43 <sup>a</sup>	33,42 <sup>a</sup>	25,41 <sup>b</sup>	24,74 <sup>b</sup>	3,7	105,98	1,000
H32	cm	36,01	40,37 <sup>a</sup>	41,39 <sup>a</sup>	31,54 <sup>b</sup>	30,74 <sup>b</sup>	3,7	107,79	1,000
HT	cm	96,80	95,85	99,88	96,50	94,98	6,12	0,78	0,477
V12-14	cm/j	0,527	0,783 <sup>a</sup>	0,571 <sup>ab</sup>	0,329 <sup>b</sup>	0,425 <sup>b</sup>	33,8	7,36	0,997
V14-18	cm/j	0,926	1,180 <sup>a</sup>	1,270 <sup>a</sup>	0,662 <sup>b</sup>	0,594 <sup>b</sup>	10,5	75,29	1,000
V18-20	cm/j	0,715	0,788 <sup>a</sup>	1,254 <sup>b</sup>	0,392 <sup>a</sup>	0,425 <sup>a</sup>	45,3	9,25	0,999
V20-22	cm/j	0,953	1,233 <sup>a</sup>	1,071 <sup>ab</sup>	0,779 <sup>b</sup>	0,729 <sup>b</sup>	28,9	4,56	0,982
V22-25	cm/j	1,328	1,497 <sup>a</sup>	1,633 <sup>a</sup>	1,139 <sup>b</sup>	1,042 <sup>b</sup>	12,5	17,51	1,000
V25-27	cm/j	1,950	1,746	1,733	2,142	2,179	20,6	2,20	0,872
V27-29	cm/j	1,803	2,171 <sup>a</sup>	2,150 <sup>a</sup>	1,454 <sup>b</sup>	1,438 <sup>b</sup>	15,6	12,91	1,000
V29-32	cm/j	2,337	2,644 <sup>a</sup>	2,658 <sup>a</sup>	2,044 <sup>b</sup>	2,000 <sup>b</sup>	10,5	13,32	1,000
DEL 1	-	0,708	0,083	0,167	1,333	1,250	53,7	18,94	1,000

## 5 bis - RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE. (suite 1)

PARAMETRES .								EFFET DU FACTEUR CONTROLE	
Sigle	Unité	Moyennes					C.V. %	Valeur du F	Probabilité
		Générale	0kg/ha	32kg/ha	96kg/ha	192kg/ha			
CCA 2	-	3,69	8,33 <sup>a</sup>	5,17 <sup>b</sup>	0,33 <sup>c</sup>	0,92 <sup>c</sup>	46,2	29,37	1,000
CCA 3	-	6,60	14,17 <sup>a</sup>	10,25 <sup>b</sup>	0,58 <sup>c</sup>	1,42 <sup>c</sup>	31,4	62,09	1,000
CCA 4	-	8,79	18,25 <sup>a</sup>	14,58 <sup>b</sup>	0,92 <sup>c</sup>	1,42 <sup>c</sup>	25,0	99,18	1,000
CCA 5	-	11,02	22,25 <sup>a</sup>	17,75 <sup>b</sup>	1,92 <sup>c</sup>	2,17 <sup>c</sup>	23,3	100,94	1,000
CCA 6	-	13,70	25,42 <sup>a</sup>	20,42 <sup>b</sup>	4,50 <sup>c</sup>	4,50 <sup>c</sup>	22,1	76,68	1,000
CCA 7	-	18,98	32,25 <sup>a</sup>	23,33 <sup>b</sup>	10,41 <sup>c</sup>	9,92 <sup>c</sup>	20,4	46,98	1,000
PSTF	g/pot	16,84	22,86 <sup>a</sup>	23,14 <sup>a</sup>	10,80 <sup>b</sup>	10,55 <sup>b</sup>	12,1	73,76	1,000
NTF	%	3,09	3,13 <sup>ab</sup>	2,93 <sup>ab</sup>	3,23 <sup>ac</sup>	3,08 <sup>ab</sup>	4,4	4,96	0,986
PTF	%	0,22	0,29 <sup>a</sup>	0,20 <sup>b</sup>	0,19 <sup>bc</sup>	0,18 <sup>c</sup>	7,2	64,27	1,000
KTF	%	3,58	3,02 <sup>a</sup>	2,98 <sup>a</sup>	4,13 <sup>b</sup>	4,17 <sup>b</sup>	4,0	125,80	1,000
CaTF	%	0,12	0,11	0,11	0,12	0,12	8,2	1,81	0,813
MgTF	%	0,64	0,67 <sup>a</sup>	0,64 <sup>ab</sup>	0,64 <sup>ab</sup>	0,59	6,1	4,23	0,977
STF	%	0,23	0,23	0,23	0,24	0,24	10,9	0,28	0,165
QNFF	g/pot	0,51	0,71 <sup>a</sup>	0,67 <sup>a</sup>	0,35 <sup>b</sup>	0,32 <sup>b</sup>	8,9	123,47	1,000
QPTF	g/pot	0,038	0,066 <sup>a</sup>	0,047 <sup>b</sup>	0,021 <sup>c</sup>	0,019 <sup>c</sup>	11,4	163,69	1,000
QKTF	g/pot	0,56	0,69 <sup>a</sup>	0,69 <sup>a</sup>	0,44 <sup>b</sup>	0,44 <sup>b</sup>	9,6	41,25	1,000
QCaTF	g/pot	0,020	0,026 <sup>a</sup>	0,026 <sup>a</sup>	0,013 <sup>b</sup>	0,013 <sup>b</sup>	11,9	62,32	1,000
QMgTF	g/pot	0,11	0,15 <sup>a</sup>	0,15 <sup>a</sup>	0,07 <sup>a</sup>	0,06 <sup>b</sup>	11,0	102,70	1,000
QSTF	g/pot	0,038	0,052 <sup>a</sup>	0,052 <sup>a</sup>	0,025 <sup>b</sup>	0,025 <sup>b</sup>	11,7	70,22	1,000

## 5 ter- RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE. (suite 2)

PARAMETRES .								EFFET DU FACTEUR CONTROLE	
Sigle	Unité	Moyennes					C.V. %	Valeur du F	Probabilité
		Générale	0kg/ha	32kg/ha	96kg/ha	192kg/ha			
PH	-	6,54	6,65	6,64	6,4	6,43	4,6	0,98	0,428
PH SOL	-	7,63	7,43 <sup>a</sup>	7,50 <sup>a</sup>	7,88 <sup>b</sup>	7,72 <sup>b</sup>	3,6	3,43	0,956
CA SOL	mg/l	9,94	4,77	7,30	12,22	15,47	12,5	90,07	1,000
MG SOL	"	49,37	27,08	33,37	60,50	76,52	14,5	62,73	1,000
K SOL	"	1,78	2,06	1,33	2,71	1,52	56,5	1,06	0,603
NA SOL	"	14,22	8,55	11,65	17,55	19,13	16,2	27,89	1,000
CA/MGSOL	-	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12	6,0	14,55	1,000
CA/K SOL	-	14,70	5,69	18,99	12,48	21,63	44,9	6,98	0,996
MG/KSOL	-	118,22	52,60	144,38	101,77	174,15	45,8	5,73	0,992
NA/S SOL	-	0,122	0,127	0,137	0,120	0,105	7,89	11,82	1,000
(CA+K)/ MGSOL	-	132,92	58,29	163,36	114,25	195,78	45,63	5,87	0,992

Les coefficients de variation sont faibles et diminuent avec le temps.

Pour les vitesses de croissance, on retrouve globalement les mêmes résultats : la vitesse de croissance des plants soumis aux doses 96 et 132 kg/ha est toujours plus faible que celle des plants ayant reçus 0 et 32 kg/ha, sauf entre le 25 et 27<sup>ème</sup> jour où on assiste à une remontée brusque des vitesses sur les deux premières doses, suivie d'une chute tout aussi brutale entre le 27 et 29<sup>ème</sup> jour.

Les coefficients de variation sont plus élevés que pour les hauteurs et surtout très variables

### 3.2. Signes foliaires de Carence en calcium.

Les signes de carence en calcium ont été relevés à partir du 20<sup>ème</sup> jour tous les deux jours.

Jusqu'au 27<sup>ème</sup> jour, les pieds ayant reçu les doses 96 kg/ha et 132 kg/ha présentent des signes de décoloration de leurs feuilles (coloration vert-jaune du limbe). Ces symptômes de "chlorose" n'apparaissent pas sur les doses 0 et 32 kg/ha. Dans le même temps, les pieds décolorés ne présentent que peu ou pas du tout de symptômes de carence en calcium. Ces décolorations s'estompent peu à peu et au 29<sup>ème</sup> jour des signes de carence en calcium apparaissent nettement sur les plants soumis aux doses 96 et 132 kg/ha.

L'indice de carence en calcium confirme ces observations. Dès le 20<sup>ème</sup> jour, l'effet du facteur contrôlé est très hautement significatif : jusqu'au 27<sup>ème</sup> jour, les plants soumis aux doses 96 et 132 kg/ha présentent très peu de symptômes. Il y a par contre une augmentation brusque de l'indice entre le 27<sup>ème</sup> et 32<sup>ème</sup> jour.

Les plants ayant reçu 32 kg/ha de soufre ont significativement moins de symptômes foliaires de carence en calcium par rapport aux plants témoins. Le coefficient de variation, très élevé au départ, diminue progressivement avec le temps. Cette homogénéisation des symptômes a déjà été constatée dans d'autres essais (ANDRE et BONZON, 1986).

### 3.3. Rendement en matière sèche, teneurs et exportations minérales.

#### 3.3.1. Rendement en matière sèche.(cf le tableau 6 ci-après).

L'effet du facteur contrôlé sur le poids de tige et feuille est très hautement significatif. Les plants ayant reçu 96 kg/ha et 192 kg/ha ont un rendement 2 fois plus faibles que ceux soumis aux doses 0 et 32 kg/ha. On retrouve logiquement pour ce paramètre les résultats de la croissance en hauteur (hauteurs et rendement en matière sèche sont toujours bien corrélés chez le maïs).

#### 3.3.2. Teneurs en éléments minéraux des parties aériennes.(cf tableau 6 ci-après).

L'effet du facteur contrôlé est significatif sur l'azote, le phosphore, le potassium et le magnésium. En revanche, les teneurs en calcium et en soufre sont constantes.

##### a) Teneur en azote.

L'évolution de la teneur en azote se fait en "dent de scie". On observe une diminution pour la dose 32 kg/ha puis une remontée pour les doses supérieures.

##### b) Teneur en phosphore.

Les doses croissantes de soufre font baisser significativement la teneur en phosphore de 38 % (différence entre témoin et 192 kg/ha). Cette baisse est surtout importante pour la dose 32 kg/ha. Pour les doses suivantes, beaucoup plus élevées, il est probable qu'on atteigne un palier.

##### c) Teneur en potassium.

On constate une augmentation très nette de la teneur en potassium (1, 2 % pour les doses les plus élevées (96 et 192 kg/ha).

##### d) Teneur en magnésium.

Comme dans le cas du phosphore, on constate une diminution de la teneur en magnésium quand les doses de soufre augmentent. Cependant, cette diminution devient nette seulement pour la dose la plus élevée (192 kg/ha).

Doses de sou- fre(en kg/ha)	Rdmt en matière sèche (g/pot)	Teneurs (%)						Exportation (mg/pot)					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
0	22,86 <sup>a</sup>	3,13 <sup>ab</sup>	0,29 <sup>a</sup>	3,02 <sup>a</sup>	0,11	0,67 <sup>a</sup>	0,23	710 <sup>a</sup>	66 <sup>a</sup>	690 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>
32	23,14 <sup>a</sup>	2,93 <sup>b</sup>	0,20 <sup>b</sup>	2,98 <sup>a</sup>	0,11	0,64 <sup>ab</sup>	0,23	670 <sup>a</sup>	47 <sup>b</sup>	690 <sup>a</sup>	26 <sup>a</sup>	150 <sup>a</sup>	52 <sup>a</sup>
96	10,80 <sup>b</sup>	3,23 <sup>ac</sup>	0,19 <sup>bc</sup>	4,13 <sup>b</sup>	0,12	0,64 <sup>ab</sup>	0,24	350 <sup>b</sup>	21 <sup>c</sup>	440 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>	70 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>
192	10,55 <sup>b</sup>	3,08 <sup>ab</sup>	0,18 <sup>c</sup>	4,17 <sup>b</sup>	0,12	0,59 <sup>b</sup>	0,24	320 <sup>b</sup>	19 <sup>c</sup>	440 <sup>b</sup>	13 <sup>b</sup>	60 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>

Remarque : les moyennes suivies d'une lettre différente sont significativement différentes au seuil  $p = 0,05$ .

TABLEAU 6 : Rendement en matière sèche, teneurs et exportations par les tiges et feuilles.

### 3.3.3. Exportations minérales. (cf tableau 6 ci-contre)

L'effet du facteur contrôlé est très significatif sur tous les éléments dosés. On constate une baisse importante des exportations pour les doses 96 et 192 kg/ha, résultant de la baisse de rendement importante constatée pour ces deux doses.

### 3.3.4. pH de la terre des pots et pH des percolats. Teneur en bases des percolats.

A cause d'une variabilité assez forte du pH du sol on n'observe seulement qu'une tendance à l'acidification du sol lorsque la dose de  $\text{FeSO}_4$  augmente.

Par contre, le pH des percolats augmente, lui, avec la dose de  $\text{FeSO}_4$ . Son élévation est liée naturellement à celle des teneurs en calcium, magnésium et sodium des percolats. A ce niveau on constate cependant que la teneur en potassium est faible par rapport à celles des autres bases et sans doute stable.

## 4 - DISCUSSION.

Les principaux faits observés dans cette expérience sont les suivants :

- les doses les plus élevées de soufre entraînent une plus faible croissance en hauteur caractérisée visuellement par des pieds possédant des entrenœuds courts et une décoloration légère des limbes foliaires pendant 29 jours, ceux-ci disparaissant ensuite.

- l'absence quasi-totale de symptômes de carence en calcium sur les pieds ayant reçu 96 et 192 kg/ha de soufre. Les signes de carence apparaissent seulement au 29<sup>ème</sup> jour, s'accompagnant d'une reprise de croissance des plants.

- une baisse importante de la teneur en phosphore des tiges et feuilles et une stabilité des teneurs en calcium et en soufre avec l'augmentation des doses de soufre.



L'effet du soufre sur la croissance en hauteur et sur le rendement en matière sèche est surprenant et peut difficilement être expliqué par une toxicité due à un apport excessif de soufre aux doses où nous avons travaillé (quelques mg/l de solution nutritive). La teneur finale en soufre des tiges et feuilles ne semble pas excessive (CHAPMAN, 1973). Par contre, la disparition des symptômes de carence en calcium a déjà été rencontrée sur le même sol et sur la même variété de maïs, lorsque les plants étaient carencés, en phosphore (BONZON et JICQUEL, 1986, à paraître). Les plants ayant reçu 92 et 196 kg/ha de soufre présentent des signes ressemblant à une carence atténuée en phosphore (entre noeuds très courts mais aucune coloration caractéristique rouge des limbes et des tiges).

Les teneurs en phosphore dans les tiges et les feuilles considérées comme "normales" se situent entre 0,25 et 0,40 % (ISMA, 1982 ; CHAPMAN, 1973 ; CREA, 1982 ; ANDRE et BONZON, 1986). Il semblerait donc que les plants ayant reçu les doses 32 et surtout 96 et 132 kg/ha aient été légèrement carencés en phosphore (ce qui paraît expliquer l'absence de coloration rouge-violacée).

On sait par ailleurs qu'il existe un antagonisme au niveau de la plante entre le soufre et le phosphore (ISMA, 1982).

Mais, si cette hypothèse est plausible (induction d'une carence en phosphore par apport de soufre), elle n'explique pas entièrement les faits observés et en particulier les décolorations observées sur les doses de soufre les plus fortes. D'autre part, on peut remarquer que l'utilisation du sulfate ferreux comme apport de soufre, bien que présentant un aspect pratique vis-à-vis des calculs des apports en éléments nutritifs, présente quelques inconvénients :

- 1) le fer sous forme  $Fe^{2+}$  précipite rapidement, au contact du sol, sous forme  $Fe^{3+}$ , transformant ainsi le milieu minéral dans des proportions non quantifiable. Dans l'expérience, il est à noter que l'on a observé des dépôts bruns dans les cuvettes qui recueillent l'eau de drainage (doses 96 et 132 kg/ha), dépôts pouvant être interprétés comme des précipitations d'oxyde de fer (PETARD, communication personnelle). Ceci indique d'ailleurs qu'une partie du fer a pu migrer à l'état soluble ( $Fe^{2+}$ ) dans toute la colonne de sol avant de précipiter (forme  $Fe^{3+}$ ) au contact de l'air.

2) le sulfate ferreux est un sel acide. D'après les équilibres chimiques les plus courants pouvant exister dans un sol (BOLT et BRUGENWERT, 1978) ; on peut penser qu'il a pu y avoir dissolution de croûte calcaire dans les pots ayant reçu  $\text{FeSO}_4$ . Le dosage du calcium dans les percolats recyclés montre d'ailleurs que la teneur en calcium est 5 fois plus importante dans ceux-ci pour la dose 132 kg/ha par rapport au témoin. Ce calcium, ainsi mis en solution, devient facilement assimilable pour la plante. On a donc pu favoriser l'absorption du calcium par le maïs par un simple phénomène chimique au niveau du sol.

#### 5 - CONCLUSIONS.

Les résultats de cette expérience soulèvent ainsi plus de questions qu'ils n'apportent de réponses à l'hypothèse initiale sur la présence d'une carence en soufre sur ce vertisol hyper-magnésien.

L'étude de la nutrition soufrée sur ce type de sol devra être reprise en tenant compte de ses éventuelles interactions avec les nutriments phosphatés et calciques, la forme sous laquelle est apportée le soufre devant être prise elle même en considération.

BIBLIOGRAPHIE.

- ANDRE P., BONZON B. (1986) - Influence de la fumure potassique sur la croissance et les immobilisations minérales du maïs cultivé sur vertisol hyper-magnésien - ORSTOM NOUMEA-DIDER.
- BEAUDOU et al. (1983) - Etude morpho-pédologique de la région de la Tontouta. Carte au 1/50.000. ORSTOM NOUMEA/Service Ruraux.
- BOLT G.H., BRUGGENWERT (1978) - Soil chemistry - A - Basic elements development in soil science 5A - Elsevier sevent. Publis. Co. New York.
- CHAPMAN H.D. (1973) - Diagnostic criteria for plants and soils. Riverside (Ca).
- ISMA, (1982) - Guide de la fertilisation phosphatée - ISMA Ltd., Paris.
- MARTINI J.A., MUTTERS R.G. (1984) - Effect of liming and fertilization on sulfur availability, mobility and uptake in cultivated soils of South Carolina. Soil Sci, 138, (6), 403-410.
- Service de l'Agriculture - Recherche Agronomique (1982) - Rapport d'activité Bourail, Nouvelle-Calédonie.
- ORSTOM, DIDER, décembre 1984 - Compte-rendu de la réunion DIDER-ORSTOM du 09.11.84 sur les effets des amendements calciques sur un vertisol hypermagnésien et de la visite de l'expérimentation de base installée sur ce type de sol dans la vallée de la TAMOA.