

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA VIE  
AGROPEDOLOGIE

N° 10

1991

Etude des effets des amendements calciques  
sur un vertisol hyper-magnésien

Résultats du cinquième cycle cultural  
de l'expérimentation au champ

Bernard BONZON  
Laurent COLLET  
Catherine BOUCARON  
Frédérique GOURDON  
Philippe de MONPEZAT  
Laurent L'HUILLIER

Avenant 1 à la Convention 4  
Territoire / ORSTOM  
notifié le 16 Août 1988

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA VIE  
AGROPEDOLOGIE

N° 10

1991

Etude des effets des amendements calciques  
sur un vertisol hyper-magnésien

Résultats du cinquième cycle cultural  
de l'expérimentation au champ

\* Bernard BONZON  
\*\* Laurent COLLET  
\*\* Catherine BOUCARON  
\*\* Frédérique GOURDON  
\* Philippe de MONPEZAT  
\* Laurent L'HUILLIER

\* ORSTOM : Agropédologie, Nouméa  
\*\* DIDER / SRFD, Centre de Recherche et d'Expérimentation  
Agronomiques de Nésadiou (CREA)

Avenant 1 à la Convention 4 Territoire / ORSTOM notifié le 16 Août 1988

The logo for ORSTOM, featuring the letters 'O', 'R', 'S', 'T', 'O', 'M' in a stylized, bold, sans-serif font. The letters are interconnected, with the 'O's and 'M' having a textured, stippled appearance.

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1991

/Bonzon, B.  
Collet, L.  
Boucaron, C.  
Gourdon, F.  
/Monpezat, P.  
/L'Huillier, L.

**Etude des effets des amendements calciques sur un vertisol hyper-magnésien : résultats du cinquième cycle cultural de l'expérimentation au champ**  
Nouméa : ORSTOM. Décembre 1991, 76 p.  
*Conv. : Sci. Vie : Agropédol. ; 10*

Ø76AGROØ5

**AGRONOMIE; PEDOLOGIE; FERTILISATION; AMENDEMENT MINERAL; GYPSE; ETUDE EXPERIMENTALE; BILAN; CEREALE; VERTISOL HYPERMAGNESIEN/NOUVELLE CALEDONIE; PROVINCE SUD; TAMOA**

Imprimé par le Centre ORSTOM  
de Nouméa  
Décembre 1991

 ORSTOM Nouméa  
REPROGRAPHIE

## **AVERTISSEMENT**

**Le présent rapport rend compte des résultats obtenus en 1988-1989 sur l'expérimentation de base des recherches conjointes DIDER/CREA-ORSTOM concernant les effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien acide.**

**Ces travaux ont été réalisés au titre de l'avenant 1 à la Convention 4 Territoire-ORSTOM pour l'étude des effets des fumures et des amendements calciques sur les sols cultivables de Nouvelle-Calédonie.**

**Y ont participé :**

**- du côté de la DIDER,**

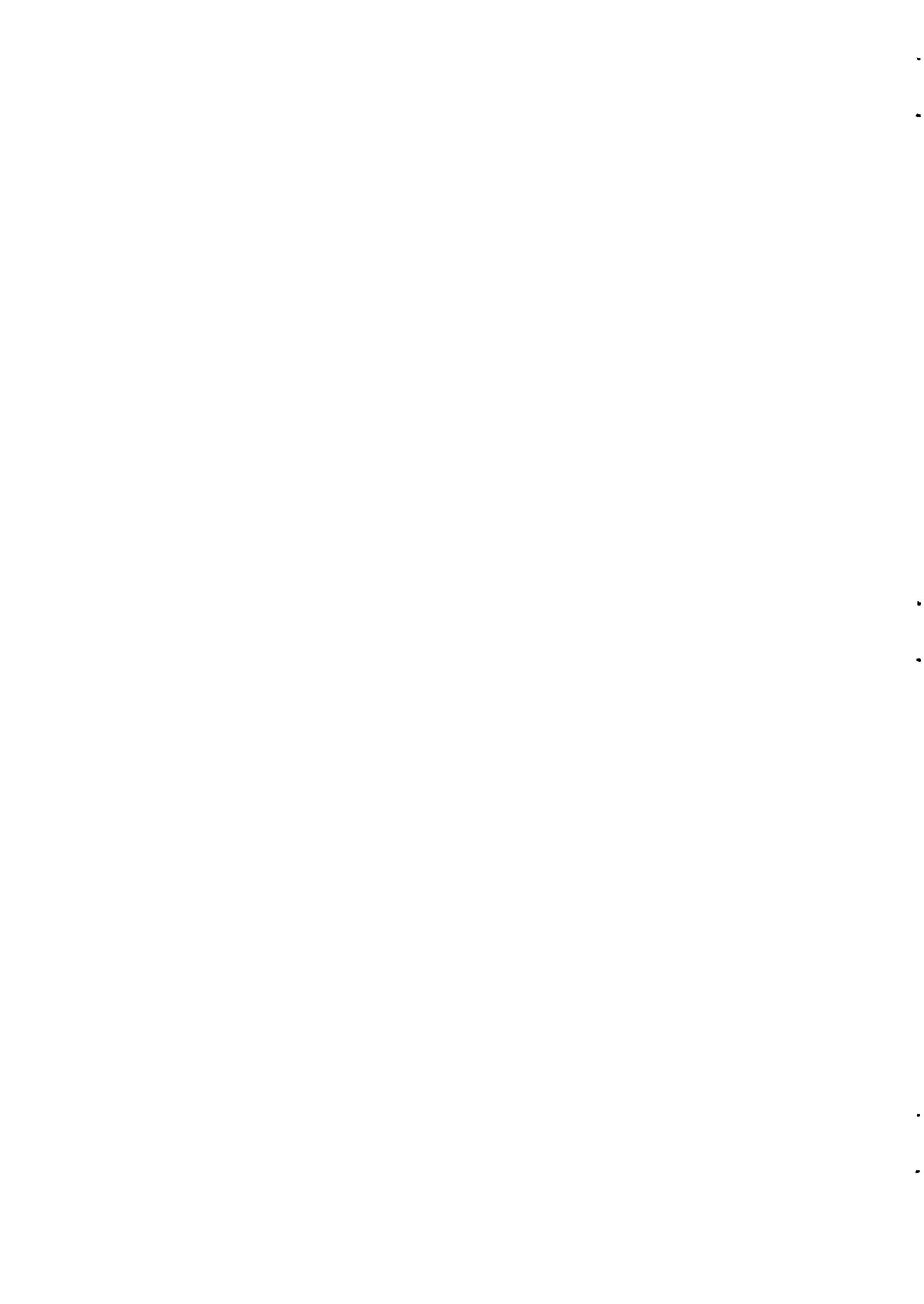
**. L. Collet, Directeur du CREA, F. Gourdon, C. Boucaron et les membres de leurs équipes, le CREA étant, pour mémoire, maître d'oeuvre de l'expérimentation au champ,**

**- du côté de l'ORSTOM,**

**. B. Bonzon, P. de Monpezat, L. L'Huillier, E. Ouckewen, L. Taputuarai et W. Nigoté du laboratoire d'Agropédologie,**

**. J. Pétard, Chef du Laboratoire d'Analyse et les membres de son équipe.**

**Par ailleurs, la publication de ce rapport a fait appel aux services de J. P. Mermoud et N. Galaud pour l'édition de l'ensemble.**



## SOMMAIRE

<b>DOCUMENTS ANTERIEURS.....</b>	<b>5</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>9</b>
<b>MOTS-CLES.....</b>	<b>9</b>
<b>RAPPORT.....</b>	<b>10</b>
<b>1 - RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS.....</b>	<b>10</b>
1.1 - Première série de recherches expérimentales en serre et premier cycle au champ.....	10
1.2 - Deuxième série de recherches expérimentales en serre et second cycle au champ.....	11
1.3 - Troisième série de recherches expérimentales en serre et troisième cycle au champ.....	14
1.4 - Quatrième cycle expérimental au champ.....	16
<b>2 - CINQUIEME CYCLE EXPERIMENTAL AU CHAMP : MISE EN PLACE ET CONDUITE DES OBSERVATIONS.....</b>	<b>17</b>
<b>3 - INFLUENCE DES AMENDEMENTS CALCIQUES.....</b>	<b>18</b>
3.1 - Remarque préliminaire sur les niveaux moyens des composantes aériennes de la biomasse et la précision des observations.....	18
3.2 - Influence des amendements calciques.....	19
3.2.1 - Arrières-effets du gypse appliqué en 1984.....	19
3.2.2 - Arrières-effets des doses de chaux appliquées en 1984.....	19
3.2.2.1 - Arrières-effets sur la plante.....	19
3.2.2.2 - Arrières-effets sur le sol dans l'horizon (0-20cm).....	20
3.2.3 - Interactions entre les facteurs "nature" et "dose" d'amendement.....	20
3.2.4 - Arrières-effets de l'apport complémentaire de gypse en 1986.....	20
3.2.5 - Interactions entre le facteur subsidiaire et les facteurs principaux.....	21

3.2.5.1 -	Interactions entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et la nature de l'amendement calcique appliqué en 1984.....	21
3.2.5.2 -	Interactions entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et la dose de l'amendement initial de 1984.....	21
3.2.5.3 -	Interactions entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et les facteurs "nature" et "dose" de l'amendement initial de 1984.....	21
<b>4 -</b>	<b>DISCUSSIONS.....</b>	<b>22</b>
4.1 -	Importance des effets des amendements calciques sur le rendement.....	22
4.2 -	Amélioration des coefficients d'utilisation apparente des engrais.....	22
4.3 -	Généralisation des résultats et problèmes de recherche pour le future.....	23
4.3.1 -	Définition des formes et doses d'amendement calcique à appliquer. Limites actuelles de notre expérience.....	23
4.3.2 -	Précautions à prendre après avoir amendé son terrain.....	24
4.3.3 -	Adaptation des espèces et des variétés cultivées.....	24
4.3.4 -	Adaptation des fumures.....	24
4.3.5 -	Intérêt de drainer de tels sols.....	25
<b>5 -</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>25</b>

## ANNEXES

<b>1 -</b>	<b>OPERATIONS CULTURALES, PLUVIOMETRIE, IRRIGATION..</b>	<b>27</b>
<b>2 -</b>	<b>PARAMETRES : DEFINITIONS, FORMULES.....</b>	<b>33</b>
2.1 -	Définitions des paramètres.....	35
2.2 -	Formules de calculs des paramètres dérivées.....	45
<b>3 -</b>	<b>RECAPITULATIFS DES ANALYSES DE VARIANCE.....</b>	<b>55</b>
3.1 -	Influence des facteurs principaux "amendement" et "dose", et de l'interaction "amendement x dose".....	57
3.2 -	Influence de l'apport complémentaire de gypse (facteur subsidiaire) et de ses interactions simples avec les facteurs principaux.....	69
3.3 -	Influence de l'interaction double "amendement" x "dose" x "apport complémentaire de gypse".....	73

## **DOCUMENTS ANTERIEURS RELATIFS AUX TRAVAUX SUR LES VERTISOLS HYPER-MAGNESIENS**

- 1 - DOCUMENTS PRODUITS AU TITRE DE LA CONVENTION  
TERRITOIRE-ORSTOM N° 2 POUR L'ETUDE DES EFFETS DES  
AMENDEMENTS CALCIQUES SUR LES SOLS CULTIVABLES DE  
NOUVELLE-CALEDONIE (1980-84)**
- 1.1 - Documents relatifs à l'avenant 1 (1980)**
  - 1.1.1 - Recherches de sites expérimentaux pour mener des études sur les effets des amendements calciques en Nouvelle-Calédonie. Enquête préliminaire. ORSTOM ed., multig, 18 p., juillet 1981.**
- 1.2 - Documents relatifs à l'avenant 2 (1981)**
  - 1.2.1 - Inventaires des gîtes calcaires de Nouvelle-Calédonie pour l'amendement des sols cultivables. ORSTOM ed., multig, 8 p., septembre 1982.**
  - 1.2.2 - Statut minéral d'un maïs à mi-cycle sur vertisol magnésien. Enquête agrologique effectuée le 4 septembre 1981 sur la propriété Magnin-Pierson à Tontouta. ORSTOM ed., multig, 49 p., septembre 1982.**
  - 1.2.3 - Effet d'un apport de chaux sur un triticales cultivé sur un vertisol magnésien. Enquête agrologique effectuée le 11 septembre 1981 sur la propriété Magnin-Pierson à Tontouta. ORSTOM ed., multig, 35 p., septembre 1982.**
- 1.3 - Documents relatifs à l'avenant 5 (1984)**
  - 1.3.1 - Influence de trois doses de chaux de deux amendements calciques différents sur une culture de maïs sur vertisol hyper-magnésien. ORSTOM ed., multig :**
    - Annexe 84.1. Protocole expérimental de l'expérimentation au champ. 16 p.**
    - Annexe 84.2. Temps de travaux, pluviométrie, irrigation de l'expérimentation au champ. 9 p.**
    - Annexe 84.3. Analyses statistiques effectuées sur les données de base et dérivées observées sur le premier cycle. 304 p.**
  - 1.3.2 - Recherches préliminaires sur les carences en éléments majeurs et mineurs du terrain retenu pour l'implantation du dispositif de base de l'étude des effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien. Annexe. Résultats des observations et des mesures. ORSTOM ed., multig, 32 p.**
  - 1.3.3 - Recherches préliminaires sur le rééquilibrage du rapport magnésium/calcium du**

terrain retenu pour l'implantation du dispositif expérimental de base de l'étude des effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien. Annexe. Résultats des observations et des mesures. ORSTOM ed., multig, 45 p.

- 1.3.4** - Influence de quatre doses de chaux de trois mélanges différents de croûte calcaire et de gypse sur une culture de maïs sur vertisol hyper-magnésien. Annexe. Résultats des observations et des mesures. ORSTOM ed., multig, 50p.
- 1.3.5** - Influence de trois doses de chaux de trois mélanges différents de croûte calcaire et de gypse sur une culture de maïs sur vertisol hyper-magnésien. Annexe. Résultats des observations et des mesures. ORSTOM ed., multig, 76 p.
- 1.3.6** - Recherches sur une éventuelle interaction entre fumure azotée et teneur en gypse de l'amendement calcique sur une culture de maïs sur vertisol hyper-magnésien. Annexe. Résultats des observations et des mesures. ORSTOM ed., multig, 54 p.
- 1.3.7** - Effets des amendements calciques sur un sol sodique acide et sur un vertisol hyper-magnésien. Document de synthèse. Résultats des études expérimentales conduites en 1984. 87 p.

**2 - DOCUMENTS PRODUITS AU TITRE DE LA CONVENTION TERRITOIRE-ORSTOM N° 2 BIS POUR L'ETUDE DES EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIFIQUES SUR LES SOLS CULTIVABLES DE NOUVELLE-CALÉDONIE (1985-87).**

**2.1 - Documents relatifs à l'avenant 1 (1985)**

- 2.1.1** - Influence de trois doses de chaux de deux amendements calciques différents sur une culture de maïs sur vertisol hyper-magnésien. ORSTOM ed., multig :

Annexe 85-1. Temps de travaux, pluviométrie, irrigation., 8 p.

Annexe 85-2. Premiers résultats expérimentaux obtenus sur le second cycle cultural (1985). 150 p.

- 2.1.2** - Comparaison de la sensibilité au déséquilibre calco-magnésien de six hybrides doubles de maïs. Etude expérimentale conduite en serre sur vases de végétation. ORSTOM ed., multig :

Protocole expérimental, 7 p.

Rapport principal, 44 p.

Annexe. Paramètres observés, analyses de variance, corrélations résiduelles. 86p.

- 2.1.3** - Influence du soufre sur la croissance et les immobilisations minérales de l'hybride double de maïs XL 82 cultivé sur le vertisol hyper-magnésien de référence de la vallée de la Tamao. Etude expérimentale en serre. ORSTOM ed., multig :

Protocole expérimental, 4 p.

Rapport principal, 16 p.

Annexe. Analyses de variance des paramètres observés, 108 p.

**2.1.4 - Influence de la fumure potassique sur la croissance et les immobilisations minérales du maïs cultivé sur vertisol hyper-magnésien. Etude expérimentale en serre. ORSTOM ed., multig :**

Protocole expérimental, 6 p.

Rapport principal, 24 p.

Annexe. Analyses de variance des données observées, 78 p.

**2.1.5 - Effets des amendements calciques sur sol sodique acide et sur vertisol hyper-magnésien. Document de synthèse. Résultats des études expérimentales conduites en 1985.**

## **2.2 - Documents relatifs à l'avenant 2 (1986)**

**2.2.1 - Mise en évidence d'éventuelles carences en oligo-éléments sur le vertisol hyper-magnésien de la vallée de la Tamoia après deux cycles de culture de maïs. Protocoles expérimentaux des essais en serre. ORSTOM ed., multig, 10 p, fev.**

86.

**2.2.2 - Etude expérimentale en serre sur vertisol hyper-magnésien déjà amendé. Influence sur la croissance et le développement du maïs de doses complémentaires de gypse et de l'absence d'oligo-éléments dans les fumures minérales. ORSTOM ed., multig :**

Rapport principal, 70 p.

Annexes, 231 p.

**2.2.3 - Etude des effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien. Résultats du troisième cycle cultural de l'expérimentation au champ. ORSTOM ed., multig :**

Rapport principal, 107 p.

Annexes, 689 p.

## **2.3 - Documents relatifs à l'avenant 3 (1987)**

**2.3.1 - Etude des effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien. Résultats du quatrième cycle cultural de l'expérimentation au champ. Rapport principal. ORSTOM ed., multig, 69 p.**



## RESUME

Le présent document rend compte des résultats des déterminations effectuées sur le cinquième et dernier cycle cultural de l'expérimentation de base au champ pour l'étude des effets des amendements calciques sur vertisol hyper-magnésien. Il présente également une première synthèse des résultats obtenus antérieurement en serre et au champ.

Les dix études expérimentales successives en serre, conduites de 1984 à 1986, et l'étude expérimentale au champ de cinq ans, mise en place en 1984, permettent finalement de conclure à la possibilité de lever la stérilité des vertisols hyper-magnésiens par l'application d'amendements calciques et à la pérennité des effets favorables de ces derniers sur cinq années au moins. Pour des sols comparables à celui pris comme sol de référence - ayant, au départ, un pH de 5,6 et des teneurs en magnésium et en calcium échangeables de 43,37 et 4,62 mé% - des applications de 12 à 16 t/ha de chaux sous forme de croûte calcaire et de gypse, le gypse apportant de 20 à 40% du total de la chaux, sont envisageables sinon recommandables.

Dans ces conditions, en renforçant initialement les fumures phosphatées comme s'il s'agissait de vertisols équilibrés, des rendements moyens de 8 à 10 t/ha de grain commercial peuvent être espérés.

Une définition plus précise de la nature et des quantités d'amendements à utiliser est possible et préférable, cependant, qui doit s'appuyer sur des résultats analytiques et l'établissement préalable en laboratoire d'une courbe de pH-eau en fonction de la nature de l'amendement envisagé, gypse pure mis à part.

Suivre par la suite l'évolution du pH et du complexe échangeable du sol est vivement recommandé. Tester au champ les effets et arrières-effets de plusieurs doses d'amendement sur plusieurs variétés de la plante que l'on désire cultiver est souhaitable. Enfin, drainer son terrain permettrait certainement d'améliorer sur ce type de sols tant les conditions générales de végétation, que les effets favorables des amendements et le rendement des fumures.

## MOTS-CLES

Nouvelle-Calédonie, sol, plante, techniques culturales, interaction, évolution, vertisol, hyper-magnésien, maïs, amendement calcique, calcaire, gypse, irrigation, rendement, composantes du rendement, nutriments, biomasse, composantes de la biomasse.

*Handwritten notes:*  
 en fin de cycle cultural  
 1984-1986  
 technique de culture  
 dans les amendements calciques  
 CDE



## RAPPORT

### 1 - RAPPEL DES RESULTATS ANTERIEURS

C'est en 1980, à l'issue d'une enquête préliminaire sur les sols susceptibles d'être utilement amendés par de la chaux, que les vertisols magnésiens furent retenus (juste après les solonetz solodisés) comme des sols dont il serait intéressant de lever la stérilité naturelle : ils recouvrent environ 25 000 ha dont la moitié, dérivée d'anciennes terrasses alluviales, seraient facilement irrigable (cf document antérieur 1.1.1).

Les études démarrèrent en 1983 par la recherche d'un site pour l'expérimentation de base au champ (cf document 1.3.7).

Celui retenu finalement le fut pour les trois raisons principales suivantes :

1°/ - il avait déjà fait l'objet de cinq tentatives de mise en culture sous sorgho et sous maïs qui s'étaient toutes soldées par un échec ;

2°/ - il était facilement irrigable ;

3°/ - il était du type hyper-magnésien acide, donc capable de recevoir une certaine dose de calcaire avant que son pH n'atteigne des niveaux excessifs pour les cultures.

Le site en question est situé sur la rive gauche de la Tamoia, 500m en aval du pont de la route territoriale n° 1. Les analyses de sol effectuées alors pour s'assurer de son homogénéité, permirent de vérifier qu'il était bien du type hyper-magnésien acide : son rapport Mg/Ca échangeables était de  $(41,90/4,53) = 9,26$  en surface (0-20cm) et de  $(43,51/4,41) = 9,80$  en profondeur (20-40cm) ; son pH-eau et son taux de saturation étaient, respectivement, de 5,81 et de 90% dans le premier horizon, de 6,03 et de 91% dans le second.

#### 1.1 - Première série de recherches expérimentales en serre et premier cycle au champ (1984).

Les premières recherches furent conduites sur vases de végétation, sous serre. Trois expériences permirent de cerner progressivement les problèmes affectant le sol en question :

- de très fortes carences en azote et en phosphore ;

- une possible carence en molybdène et une autre possible en soufre ;

- un très grave déséquilibre calco-magnésien responsable des carences en calcium et des anomalies de croissance et de développement observées sur maïs.

Elles permirent également :

- dans un premier temps, de montrer qu'il devait être possible de palier ces problèmes de déséquilibre calco-magnésien par des apports d'amendements calciques,

- dans un deuxième, de donner une fourchette aux doses de chaux des apports et de mettre en évidence l'intérêt d'un mélange de carbonate et de sulfate de calcium.

Pour l'expérimentation de base au champ, qui fut mise en place entre mai et août 1984 à l'issue de la troisième expérimentation en serre, trois doses de chaux (4, 8 et 12 t/ha de CaO) de deux types d'amendements (de la croûte calcaire pure et un mélange de croûte calcaire et de gypse, le gypse apportant 10% de la CaO totale) furent retenus.

Le dispositif expérimental était du type carré latin 6x6 à parcelles subdivisées une fois, cette subdivision pouvant servir ultérieurement à étudier les effets d'un nouveau facteur à 2 niveaux.

Les résultats obtenus à la fin du premier cycle au champ furent très encourageants : les rendements en grain sec passaient de 0,65 t/ha sans amendement à 5,58 t/ha avec 4 t/ha de chaux, 6,52 t/ha avec 8 t/ha de chaux, 6,78 t/ha avec 12 t/ha de chaux. Aucune différence ne s'observait par contre, tant sur les rendements qu'au niveau du complexe échangeable, en fonction de la nature de l'amendement.

Cependant les meilleurs rendements n'étaient pas des plus élevés. Deux facteurs pouvaient être invoqués pour expliquer ce fait :

1° - l'influence de la rouille brune, *Puccinia polysora*, qui s'était installée sur la culture à la floraison,

2° - une action de l'amendement sur le sol encore insuffisante.

## 1.2 - Deuxième série de recherches expérimentales en serre et deuxième cycle au champ (1985)

D'autre part, bien que les résultats obtenus au champ fussent en bonne concordance avec ceux observés en serre auparavant, un certain nombre de différences apparaissaient entre les deux situations, notamment en l'absence d'amendement : en serre, les plants de maïs des pots témoins voyaient leur croissance stoppée au stade 5 feuilles ; au champ, les plants des parcelles témoins (situées en bordure du champ expérimental) se développaient complètement.

Quatre hypothèses furent faites pour expliquer ce phénomène :

1° - une différence de sensibilité au déséquilibre calco-magnésien entre les variétés cultivées en serre (GH 5004) et au champ (XL 82) ;

2° - une influence favorable du calcium apporté par la fumure phosphatée appliquée au champ (les premiers essais en serre avaient été conduits avec du phosphate monopotassique),

3° - une légère carence en soufre qui, au champ, aurait été comblée par l'utilisation de sulfate de potassium comme source de potasse ;

4° - un antagonisme entre le calcium d'une part, le potassium et le magnésium d'autre part (la fumure potassique appliquée au champ ayant été considérablement réduite par rapport à celle appliquée en serre, aucune carence en potassium n'ayant été mise en évidence en serre).

Ces hypothèses furent étudiées en serre à l'aide de trois expérimentations conduites de mars à mai 85 (cf les documents antérieurs 2.1.2, 2.1.3 et 2.1.4).

La première devait permettre de comparer la sensibilité au déséquilibre calco-magnésien de six hybrides doubles de maïs (GH 5004, XL 82, XL 81, XL 94, Sergeant et Hycorn 9) sous trois niveaux d'apport de calcium (0 ; 142 kg/ha de chaux - correspondant à la quantité de chaux apportée au champ sur les parcelles témoins par le superphosphate utilisé - ; 4 t/ha de chaux sous forme de croûte calcaire).

Parmi les six hybrides testés, deux apparurent, en effet, très sensibles au déséquilibre calco-magnésien (le GH 5004 justement et l'XL 81), les quatre autres nettement moins (XL 94, Hycorn 9, Sergeant et XL 82, par ordre de sensibilité décroissante).

L'expérience permettait de vérifier également que l'utilisation de superphosphate au lieu et place de phosphate monopotassique diminuait légèrement la carence en calcium. Ce fait semblait dû, cependant, plus à l'action du phosphore qu'à celle du calcium, la carence en calcium apparaissant d'autant plus forte que la nutrition phosphatée était mieux assurée - cas des plants recevant du phosphate monopotassique -.

Elle permettait, enfin, de définir une échelle et deux indices de carence en calcium chez le maïs cultivé sur ce type de sol (cf le document 2.1.2).

La seconde expérimentation en serre avait comme objectif la comparaison de 4 doses de soufre sur la croissance et les immobilisations minérales du maïs : 0 ; 32 ; 96 et 192 kg/ha de soufre.

Elle montra que l'on pouvait avoir effectivement une légère carence en soufre, la croissance la plus vigoureuse du maïs s'observant, néanmoins, sur la dose faible de 32 kg/ha, les doses de 96 et 192 kg/ha entraînant une légère chlorose et une carence en phosphore.

La troisième expérimentation en serre, enfin, permettait d'étudier l'influence de 4 doses de potassium sur la croissance et les immobilisations du maïs : 0 ; 68 ; 204 et 408 kg/ha de  $K_2O$  sous forme de  $K_2SO_4$ .

Ses résultats essentiels furent les suivants : les doses croissantes de  $K_2O$  n'engendraient apparemment aucun effet sur la croissance en hauteur et sur le rendement en matière sèche du maïs (du fait, malheureusement très vraisemblable, d'une forte hétérogénéité des résultats), mais provoquaient :

1°/ - un renforcement de la carence en calcium ;

2°/ - une diminution corrélative, hautement significative, de la teneur et de l'immobilisation en calcium des tiges et des feuilles ;

3°/ - une augmentation des teneurs en azote, en phosphore et en potassium des tiges et des feuilles, signes évidents d'un ralentissement de la croissance en hauteur et du développement général des plants.

D'une façon générale, le rendement en matière sèche diminuait lorsque l'indice de carence en calcium augmentait.

Excepté un solide renforcement des fumures azotée, phosphatée et potassique (cf le tableau 1 ci-après), aucune autre modification ne fut donc apportée à l'expérimentation au champ pour le deuxième cycle, l'hybride XL 82 étant notamment conservé puisque faisant

**1 - INFLUENCE SUR LE RENDEMENT COMMERCIAL DU MAIS (T/HA)  
DES FORMES ET DOSES D'AMENDEMENTS CALCIQUES  
APPLIQUES SUR LE VERTISOL HYPER-MAGNESIEN DE LA TAMOA**

Années	Variété	Fumures NPK	Doses initiales d'amendement (t/ha de CaO)	% initial gypse	2 <sup>eme</sup> apport de gypse (t/ha de CaO)	Rendement commercial à 15,5% d'hum.
1984	XL 82	270-120-68	0	0	-	0,76
			4	0	-	6,58
			4	10	-	6,63
			8	0	-	7,77
			8	10	-	7,66
			12	0	-	7,88
12	10	-	8,15			
1985	XL 82	380-220-100	0	0	-	2,60
			4	0	-	6,85
			4	10	-	6,78
			8	0	-	6,11
			8	10	-	6,34
			12	0	-	5,35
12	10	-	6,05			
1986	Hycorn 9	241-216-51	0	0	0	3,19
			4	0	0	8,31
			4	0	2	9,50
			4	10	0	7,41
			4	10	2	8,68
			8	0	0	8,96
			8	0	2	9,88
			8	10	0	9,03
			8	10	2	9,34
			12	0	0	9,40
			12	0	2	9,11
			12	10	0	9,56
12	10	2	9,98			
1987	XL 94	240-251-136	0	0	0	1,79
			4	0	0	5,31
			4	0	2	6,80
			4	10	0	5,08
			4	10	2	7,22
			8	0	0	7,44
			8	0	2	8,59
			8	10	0	7,56
			8	10	2	8,94
			12	0	0	8,12
			12	0	2	9,42
			12	10	0	7,86
12	10	2	9,05			
1988	Hycorn 9	250-250-200	0	0	0	2,11
			4	0	0	3,82
			4	0	2	4,66
			4	10	0	4,45
			4	10	2	4,67
			8	0	0	4,78
			8	0	2	4,96
			8	10	0	3,61
			8	10	2	3,75
			12	0	0	4,47
			12	0	2	4,60
			12	10	0	4,46
12	10	2	4,96			

partie du lot des hybrides moins sensibles au déséquilibre calco-magnésien que le GH 5004.

Contre toute attente, les résultats de ce second cycle (cf le document 2.1.5) furent inverses de ceux du premier, les rendements diminuant avec les doses croissantes d'amendement, mais étant significativement plus élevés sur les parcelles ayant reçu du gypse (cf le tableau 1). Ils conduisaient par suite à se demander :

1°/ - si une carence en oligo-élément n'était pas apparue, induite par le premier cycle ;

2°/ - s'il ne fallait pas reprendre l'étude de l'influence des doses croissantes de gypse.

Les exportations minérales étaient, par ailleurs, plus faibles que celles attendues. Enfin, on notait encore une attaque de rouille sur l'ensemble de l'essai, attaque qui a probablement contribué à l'affaiblissement général des rendements.

### **1.3 - Troisième série de recherches expérimentales en serre et troisième cycle au champ (1986)**

De nouveau, les hypothèses formulées à partir des résultats de l'expérimentation au champ furent étudiées en serre.

Deux essais permirent ainsi, successivement (cf les documents antérieurs 2.2.1 et 2.2.2) :

1°/ - d'étudier l'influence sur le maïs de l'application de doses croissantes de gypse à de la terre déjà amendée avec 4, 8 et 12 t/ha de CaO sous forme de croûte calcaire ;

2°/ - de vérifier la présence éventuelle de carences en oligo-éléments.

**La première expérimentation apporta deux informations intéressantes :**

- la possibilité d'obtenir une amélioration sensible du développement du maïs par un apport complémentaire de gypse représentant environ 40% du total de la chaux apportée ;

- le risque, par contre, de renforcer momentanément le déséquilibre calco-magnésien de la plante par des doses de CaO sous forme de gypse supérieures à 18 t/ha, du fait, sans doute, de la mise en solution d'une fraction importante du magnésium échangeable du complexe adsorbant, les amendements sulfatés entraînant très rapidement la formation dans le système sol-solution du sol de sulfate de magnésium, sel très soluble (plus de 700 g/l).

La seconde, réalisée elle aussi sur des échantillons de terre prélevés sur les parcelles ayant reçu 4, 8 et 12 t/ha de CaO sous forme de croûte calcaire, mais auxquels avaient été ajoutées 2 t/ha de CaO sous forme de gypse, ne permit de mettre en évidence aucune carence en oligo-éléments, les éléments testés étant B, Co, Cu, Mo, Zn et l'ensemble de ces 5 éléments.

Les conséquences de ces observations pour le troisième cycle au champ furent, par suite, simplement la proposition d'utiliser le traitement subsidiaire, laissé libre jusque-là, pour vérifier l'intérêt, tant pour la plante que pour le sol, d'une application complémentaire de gypse apportant l'équivalent de 2 t/ha de chaux.

La remise en place de l'expérimentation au champ débuta ainsi le 8 juillet 1986 par

l'application, sur la moitié des sous-parcelles de l'essai, de 32,72 kg de gypse synthétique titrant 33% de CaO.

Le tableau 2, ci-dessous, donne les pourcentages théoriques finals de chaux sous forme de gypse atteints à la suite de cette opération en fonction des amendements déjà appliqués en 1984. Comme on peut le remarquer ces pourcentages n'atteignent le seuil de 40% que dans un cas seulement.

Doses initiales de chaux en t/ha sous forme de croûte calcaire		Doses complémentaires de chaux sous forme de gypse en t/ha	Pourcentages finals de chaux sous forme de gypse
	gypse		
4	0	0	0,0
		2	33,3
3,6	0,4	0	10,0
		2	40,0
8	0	0	0,0
		2	20,0
7,2	0,8	0	10,0
		2	28,0
12	0	0	0,0
		2	14,3
10,8	1,2	0	10,0
		2	22,9

## 2 - POURCENTAGES FINALS THEORIQUES DE CHAUX SOUS FORME DE GYPSE

La fumure, uniforme, apporta au total, respectivement 241, 216 et 51 kg/ha d'azote de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et de K<sub>2</sub>O.

Le maïs fut semé le 11 juillet. L'hybride double Hycorn 9 fut utilisé cette fois à la place du XL 82 interdit à l'importation en raison de problèmes phytosanitaires apparus dans sa région de production en Australie.

La récolte eu lieu le 16 décembre, une dizaine de jours avant la fin normale du cycle, en raison de l'arrivée d'une dépression.

Les principales observations effectuées sur ce troisième cycle furent les suivantes :

1°/ - **sur le rendement**, des effets favorables, à la fois de la dose initiale de chaux de 1984 et de l'apport complémentaire de chaux sous forme de gypse de 1986 : le rendement commercial passait ainsi de 8,48 à 9,30 puis à 9,51 t/ha lorsque la dose initiale de chaux s'élevait de 4 à 8 puis à 12 t/ha de CaO ; il passait aussi de 8,78 à 9,42 t/ha avec l'apport complémentaire de gypse. Cet effet était marqué surtout sur les doses initiales de chaux de 4 et

8 t/ha de chaux. Dans le même temps, toutefois, la présence de gypse dans l'amendement initial entraînait une diminution du rendement sur les mêmes doses initiales de 4 et 8 t/ha de CaO, une augmentation sur la dose de 12 t/ha (cf le tableau 3 ci-dessous). D'une façon générale, les niveaux atteints par les rendements sur les parcelles amendées avec 8 et 12 t/ha de chaux n'étaient pas très éloignés du potentiel maximal de l'hybride ;

Doses initiales de chaux (t/ha)	Pourcentages de chaux sous forme de gypse dans l'amendement initial		Apport complémentaire de chaux sous forme de gypse (t/ha)	
	0%	10%	0	2
4	8,91	8,05	7,86	9,09
8	9,42	9,18	9,00	9,61
12	9,26	9,77	9,48	9,55

### 3 - RENDEMENTS COMMERCIAUX (T/HA) OBTENUS EN 1986

2° - sur la nutrition calci-magnésique de la plante, une diminution du rapport Mg/Ca des parties aériennes lorsque la dose initiale de chaux augmentait et lorsqu'on appliquait la dose complémentaire de gypse. Cependant, ce rapport ne descendait jamais en dessous de 6 alors qu'il est voisin de 2 sur des sols équilibrés, ce qui montre la difficulté de rééquilibrer un vertisol magnésien par des apports de chaux soit sous forme de calcaire soit sous forme de gypse ;

3° - sur le sol, en premier lieu la persistance des effets de la dose initiale de chaux sur les pH-eau et KCl, ainsi que sur le sodium et le calcium échangeables, en second lieu une action très forte, en fin de cycle, de l'apport complémentaire de gypse sur presque toutes les caractéristiques analysées, cette action apparaissant de plus à travers les interactions avec les facteurs "nature" et "dose" de l'amendement initial. La comparaison des situations en début et en fin de cycle des parcelles les plus fortement amendées avec celles des parcelles témoins montrait, de plus, que l'application de gypse entraînait,

- dans l'horizon de labour, un renforcement des sels de calcium, de magnésium et des sulfates ( mais une diminution du rapport Mg/Ca),

- dans le premier horizon sous le labour, un renforcement des sulfates et des sels de magnésium, de même qu'une élévation du rapport Mg/Ca.

#### 1.4 - Quatrième cycle expérimental au champ

Exceptés un net renforcement de la fumure potassique et le remplacement, en raison de difficultés d'approvisionnement en semences, de l'hybride Hycorn 9 par l'hybride XL 94, aucune autre modification ne fut apportée au dispositif expérimental pour le quatrième cycle cultural au champ. Semé le 30 juillet 1987, l'essai fut récolté le 12 janvier 1988 après une évolution normale de la végétation.

Dans ces conditions, les arrières effets des différents traitements sur les parties aériennes de la plante furent à la fois plus simples et plus nets que ceux enregistrés en 1986, mais aussi très comparables. On observa ainsi, sur les composantes du rendement comme sur celles de la biomasse des parties aériennes, des effets hautement à très hautement significatifs, tant de la dose initiale de chaux que de l'apport complémentaire de gypse. Le rendement, pour sa part, augmenta de 6,1 à 8,1 puis à 8,6 t/ha lorsque la dose de chaux passe de 4 à 8 puis à 12 t/ha. Il s'accroissait, par ailleurs, de 1,4 t/ha avec l'apport complémentaire de gypse.



des différentes analyses de sol et de plante sont précisées à l'annexe 2.

Un récapitulatif de leur principaux résultats figure à l'annexe 3.

### 3 - RESULTATS

#### 3.1 - Remarque préliminaire sur les niveaux moyens des composantes aériennes de la biomasse et la précision des observations

L'examen des niveaux moyens des composantes aériennes de la biomasse révèle aussitôt que les conditions de végétation de ce cinquième cycle cultural n'ont pas été particulièrement favorables au développement du maïs.

Le rendement moyen des 72 parcelles de l'essai, QG, n'est que de 375 g/m<sup>2</sup> de grain sec, contre 643 en 1987 (avec l'hybride XL 94) et 769 en 1986 (avec le même Hycorn 9). De la même façon, le poids de tiges et feuilles sèches par m<sup>2</sup> n'est que 585 cette année contre 969 en 87 et 790 en 1986.

La comparaison des principales données "plante" des expérimentations de 1986 et 88-89 conduites avec le même hybride (cf le tableau 5 ci-dessous établi sur les paramètres observés sur les pieds de référence) permet de généraliser cette remarque.

Paramètres	Unités	Valeurs observées en			
		1986		1988-89	
		Niveaux	CV%	Niveaux	CV%
Dpr	nbre/m <sup>2</sup>	6,51	1,9	6,33	3,2
NEP(R)	nbre/plant	1,03	8,1	1,00	12,3
GRU(R)	g	324	8,2	270	6,0
PG(R)	g/plant	122,7	17,1	66,9	19,3
PTF(R)	g/plant	121,4	14,9	92,4	9,7
PRch(R)	g/plant	24,9	15,7	12,7	12,2
PAT(R)	g/plant	268,9	13,2		
QNG(R)	g/m <sup>2</sup>	14,47	18,0	7,49	18,4
QNTF(R)	g/m <sup>2</sup>	4,87	26,1	4,48	16,1
QNAT(R)	g/m <sup>2</sup>	19,34	15,8	12,47	11,4
QPG(R)	g/m <sup>2</sup>	2,37	18,7	1,46	19,8
QPTF(R)	g/m <sup>2</sup>	0,82	37,2	0,85	23,7
QPAT(R)	g/m <sup>2</sup>	3,19	17,9	2,39	12,9
QKG(R)	g/m <sup>2</sup>	3,14	18,2	1,85	18,7
QKTF(R)	g/m <sup>2</sup>	7,90	21,6	7,83	17,6
QKAT(R)	g/m <sup>2</sup>	11,04	18,7	10,39	13,6
Mg/Ca TF(R)	-	8,12	18,9	9,24	21,5
Mg/Ca AT(R)	-	9,82	21,1	11,85	21,1

#### 5 - COMPARAISON DES PRINCIPALES DONNEES PLANTES OBSERVEES EN 1986 ET 1988-89

### 3.2 - Influence des amendements calcaïques

Malgré la remarque faite ci-dessus, les arrières-effets des amendements calcaïques appliqués en 1984 et 1986 sont encore très puissants, tant sur la plante que sur le sol.

#### 3.2.1 - Arrières-effets du gypse appliqué en 1984 (facteur "nature de l'amendement" : cf les tableaux 1.1 à 1.9 de l'annexe 3.1)

Même le faible pourcentage de chaux sous forme de gypse (10% pour mémoire) contenu dans le mélange "croûte calcaire + gypse", influence significativement les parcelles amendées avec ce mélange par comparaison avec celles n'ayant reçu que de la croûte calcaire. Cette influence porte sur les teneurs en azote, en magnésium et en nickel des tiges et feuilles (TN<sub>TF</sub>(R), TM<sub>MgTF</sub>(R) et TNi<sub>TF</sub>(R)) ainsi que sur la teneur en manganèse des rachis (TM<sub>MnRch</sub>(R)) et la teneur en sulfate extrait au demi (SO<sub>4</sub> 1/2) dans l'horizon (0-20cm) qui sont plus élevées sur les parcelles ayant reçu du gypse. Elles portent également sur le nombre de grains par plant et les immobilisations en silice et potassium de ces derniers (NGP(R), P<sub>SiG</sub>(R) et PKG(R)) qui sont, par contre, plus faibles sur ces mêmes parcelles. Le coefficient de variation relativement élevé du rendement en grain (QG(R) ; 19,38%) empêche certainement ce dernier d'apparaître lui aussi comme encore influencé par ce facteur contrôlé (Pté de F = 0,84) : si tel n'était pas le cas, le rendement en grain serait légèrement plus faible sur les parcelles ayant reçu du gypse en 1984, ce qui serait cohérent avec l'augmentation des teneurs en azote et en magnésium des tiges et feuilles observée sur les mêmes parcelles.

#### 3.2.2 - Arrières-effets des doses de chaux appliquées en 1984 (cf les tableaux 1.1 à 1.9 de l'annexe 3.1)

Etant donné les importantes quantités de chaux (4 ; 8 et 12 t/ha pour mémoire) appliquées en 1984, les arrières-effets significatifs de ce facteur contrôlé apparaissent beaucoup plus nombreux et beaucoup plus forts que ceux du précédent.

##### 3.2.2.1 - Arrières-effets sur la plante

Sur la plante, les doses croissantes de chaux agissent, à la fois, sur :

- les teneurs en azote des tiges et feuilles, des rachis et des grains (TN<sub>TF</sub>(R), TN<sub>Rch</sub>(R) et TN<sub>G</sub>(R)), la dernière augmentant tandis que les deux premières diminuent ;

- les teneurs en phosphore des rachis et des grains (TP<sub>Rch</sub>(R) et TP<sub>G</sub>(R)), la dernière augmentant également alors que la première diminue ;

- les teneurs en calcium et en magnésium des tiges et feuilles et des rachis (TCa<sub>TF</sub>(R), TM<sub>MgTF</sub>(R), TCa<sub>Rch</sub>(R) et TM<sub>MgRch</sub>(R) , qui augmentent chez les premières et diminuent chez les second, les rapports Mg/Ca correspondant diminuant dans tous les cas ;

- les teneurs en fer des tiges et feuilles et des rachis (TFe<sub>TF</sub>(R) et TFe<sub>Rch</sub>(R)) qui augmentent ;

- les teneurs en manganèse des trois organes (TM<sub>MnTF</sub>(R), TM<sub>MnRch</sub>(R) et TM<sub>MnG</sub>(R)) qui diminuent ;

- la teneur en chrome des tiges et feuilles (TCr<sub>TF</sub>(R)) qui augmente ;

- les teneurs en nickel (TNiG(R)) des grains qui diminuent ;
- le nombre de grains par plant et le rendement (NGP(R) et QG(R)) qui augmentent.

Ces résultats sont conformes à ceux auxquels on pouvait s'attendre en raison des observations effectuées lors des cycles précédents.

L'hétérogénéité assez forte des exportations en azote, phosphore et potassium (QNG(R), QPG(R) et QKG(R)) dérivées des données de base de l'essai (cf le tableau 5 ci-dessus) ne permet pas de conclure à une influence significative des doses croissantes d'amendement sur ces paramètres. On ne peut que constater l'accroissement presque significatif de ces exportations par les grains qui augmentent avec les doses croissantes de chaux.

### 3.2.2.2 - Arrières-effets sur le sol dans l'horizon (0-20cm)

Au niveau du sol, les doses croissantes de chaux agissent toujours sur les pH-eau et KCl, le pH-eau passant, en fin de cycle, de 6,04 à 6,33 puis 6,52 lorsque la dose de chaux s'élève de 4 à 8 puis à 12 t/ha. Cette élévation du pH est due, essentiellement, à l'élévation des teneurs en calcium échangeable et total CaE et CaT qui passent, respectivement, de 7,85 à 9,88 puis 11,89 mé% pour CaE et de 12,10 à 15,13 puis 17,36 mé% pour CaT. En effet, on n'observe aucune variation significative des teneurs en les autres bases échangeables (MgE, KE et NaE) dans cet horizon. Corrélativement, la somme des bases échangeables et le taux de saturation (S et S/T) s'élèvent, de même que la conductivité (Cond) et les teneurs en cations des sels solubles (K1/2, Ca1/2 et probablement Mg1/2) excepté le sodium (Na1/2) qui aurait tendance à diminuer. Au niveau des anions en solution on constate que si la teneur en chlore diminue celle en sulfate augmente.

### 3.2.3 - Interactions entre les facteurs "nature" et "dose" d'amendement

Très peu d'interactions apparaissent entre les facteurs "nature" et "dose" d'amendement.

Sur la plante, on remarque seulement que les diminutions, avec les doses croissantes de chaux, des teneurs en azote des tiges et feuilles et en manganèse des rachis sont limitées par la présence de gypse.

Au niveau du sol, seule la teneur en sulfate des sels solubles est légèrement accrue en présence de gypse et pour la forte dose de chaux.

### 3.2.4 - Arrières-effets de l'apport complémentaire de gypse, en 1986 (cf les tableaux 2.1 et 2.2 de l'annexe 3.2)

Les arrières-effets de l'apport complémentaire de gypse, en 1986, sont encore assez nombreux :

1°/ - ils concernent d'abord le rendement en grain (QG(R)), qui s'accroît avec l'application des 2 t/ha de gypse, passant de 361 à 389 g/m<sup>2</sup>. Cette augmentation du rendement va de paire avec une diminution du rapport Mg/Ca dans les tiges et feuilles (Mg/CaTF(R)) due essentiellement au rééquilibrage, à ce niveau, des bases au bénéfice du calcium (Ca/BasTF(R)). Cela s'accompagne également d'une diminution significative de la teneur en magnésium dans les rachis et, globalement, d'une amélioration générale du rapport Mg/Ca dans les parties aériennes du maïs (Mg/CaAT(R)).

2° - ils concernent aussi le sol, où l'on observe une augmentation de la conductivité due à l'élévation des teneurs en sels solubles de potassium et de calcium. ( $K_{1/2}(0-20)$  et  $Ca_{1/2}(0-20)$ ), notamment ceux sous forme de sulfate ( $SO_4^{--}$ ).

3° - ils entrent, enfin, en interaction avec les arrière effets des facteurs "nature", "dose" et l'interaction "nature x dose".

### **3.2.5 - Interactions entre le facteur subsidiaire et les facteurs principaux**

#### **3.2.5.1 - Interactions entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et la nature de l'amendement appliqué en 1984 (cf annexe 3.2)**

On remarque ainsi que l'application de gypse en 1986 entraîne une diminution du taux de saturation lorsque l'amendement initial est constitué du mélange de croûte calcaire et de gypse et, au contraire, une augmentation de ce taux lorsque l'amendement initial est constitué seulement de croûte calcaire. Ceci se répercute sur le pH-eau du sol qui suit les variations du taux de saturation. Au niveau de la plante, il semble que ces effets se répercutent sur les équilibres du potassium et du magnésium par rapport aux autres bases dans le rachis et les grains ( $K/BasRch(R)$  et  $K/BasG(R)$ ,  $Mg/BasRch(R)$  et  $Mg/BasG(R)$ ), les variations relatives des teneurs en potassium s'effectuant en sens inverse de celles du magnésium. On note également que le nombre de grains par épis ( $NGE(R)$ ) augmente avec l'apport complémentaire de gypse sur les parcelles n'en ayant par reçu au départ et diminue dans le cas contraire.

#### **3.2.5.2 - Interactions entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et la dose de l'amendement initial de 1984 (cf annexe 3.2)**

L'apport complémentaire de gypse interagit également avec la dose initiale de chaux.

Au niveau du sol, cet apport favorise une augmentation de la teneur en sels solubles ( $\Sigma^+(0-20)$ ), ainsi que de la teneur en sulfates solubles ( $SO_4^{1/2}(0-20)$ ) lorsqu'il est appliqué sur les parcelles les plus fortement amendées .

Au niveau de la plante, cette interaction porte sur la teneur en cuivre dans les tiges et feuilles, sur la teneur en sodium dans les rachis et sur le rapport  $Mg/Ca$  dans l'ensemble des parties aériennes ( $Mg/Ca A(R)$ ).

#### **3.2.5.3 - Interaction entre l'apport complémentaire de gypse de 1986 et les facteurs "nature" et "dose" de l'amendement initial (cf annexe 3.3)**

Huit interactions doubles se présentent entre les trois facteurs contrôlés de l'expérimentation. Celles-ci sont délicates à interpréter. Le caractère aléatoire de leur mise en évidence n'est pas à écarter étant donné le nombre important de variables de base et dérivées analysées.

## 4. - DISCUSSIONS

### 4.1 - Importance des effets des amendements calciques sur le rendement

L'analyse des résultats expérimentaux, présentée ci-dessus, montre bien l'importance des arrières-effets des différentes formes et doses d'amendements calciques appliqués au vertisol hyper-magnésien de la Tamoia dans le but de lever la quasi-stérilité de ce type de sol en rééquilibrant son rapport magnésium/calcium. On a noté, en particulier, que, même dans les conditions de végétations médiocres de ce cinquième cycle, les rendements en grain étaient encore influencés, non seulement par les apports complémentaires de gypse effectués trois ans avant, mais aussi par les doses de chaux appliquées deux années plus tôt, et même par la différence de composition de l'amendement initial.

Sur l'ensemble des cinq cycles, la production cumulée moyenne en grain sec de l'expérimentation s'élève à 29,44 t/ha (cf le paramètre  $\Sigma QG$  sur les tableaux 1.7 et 2.1 des annexes 3.1 et 3.2), soit, en termes de rendement commercial à 15,5% d'humidité, à 34,8 t/ha. Ce paramètre n'apparaît, cependant, influencé que par les facteurs doses initiales de chaux et apport complémentaire de gypse. Cela tient sans doute au fait que les résultats obtenus la première année n'étaient sans doute pas encore complètement représentatifs des effets durables des premiers amendements appliqués. Le meilleur rendement cumulé - 32,11 t/ha de grain sec soit 38 t/ha à 15,5% d'humidité - s'observe, en effet, sur les parcelles ayant reçu 12 t/ha de chaux en 1984, dont 10% sous forme de gypse, et 2 t/ha de gypse en 1986. A titre de comparaison, le rendement cumulé moyen correspondant des 12 parcelles témoin hors essai - mais installées en bordure du champ expérimental lui-même - est seulement de 8,83 t/ha de grain sec, soit 10,4 t/ha de grain à 15,5% d'humidité.

### 4.2 - Amélioration des coefficients d'utilisation apparente des engrais

L'amélioration de la production s'accompagne d'une meilleure utilisation apparente des nutriments des engrais (cf le tableau 6 ci-dessous)

Eléments	Traitements (Dose initiale de chaux + apport complémentaire de gypse)	
	4 t/ha + 0 t/ha	12 t/ha + 2 t/ha
Rendement (t/ha)	30,0	37,3
Azote (%)	31,6	37,9
Phosphore (%)	16,0	19,8
Potassium (%)	19,2	22,9

### 6 - Coefficient moyens d'utilisation apparente des nutriments des engrais par les grains sur l'ensemble des cinq cycles de culture (1984 -1989)

Les coefficients moyens d'utilisation apparente des nutriments des engrais par les grains, qui reflètent bien l'effet bénéfique des amendements sur ces paramètres, ne sont pas, cependant, particulièrement remarquables ! Sans doute faut-il voir-là les conséquences

- pour le potassium, d'une forte lixiviation sous l'effet des pluies de saison humide et d'irrigations peut être excessives parfois, ou se situant juste avant une forte pluie,

- pour le phosphore, de la très forte carence initiale du sol en cet élément.

### 4.3 - Généralisation des résultats et problèmes de recherche pour le futur

Bien que l'ensemble des informations tirées de ces recherches lancées en 1984 ne soient pas encore complètement exploitable du fait des délais d'obtention des résultats des analyses de sol demandées, très importantes par leur volume et leur diversité, et du fait également de l'importance des analyses comparatives intercycles à réaliser, les résultats sur maïs qui viennent d'être exposés permettent de penser que l'on doit pouvoir lever, par une application judicieuse d'amendements calciques, la stérilité naturelle affectant la plupart des vertisols magnésiens : le maïs est une espèce particulièrement sensible aux carences et aux déséquilibres nutritionnels.

#### 4.3.1 - Définition des formes et doses d'amendement calcique à appliquer. Limites actuelles de notre expérience.

La première question que l'on doit se poser est évidemment celle de l'ajustement des formes et doses d'amendements au sol à traiter. Celles-ci dépendront, en effet, à la fois du rééquilibrage calco-magnésien à opérer et du pH-eau à ne pas dépasser.

S'agissant du rééquilibrage calco-magnésien, l'expérience montre que les meilleurs rendements moyens sur cinq cycles ont été obtenus, dans le cas présent, sur les parcelles ayant reçu 14 t/ha de chaux avec des teneurs en calcium et magnésium échangeables initiales dans l'horizon (0-20cm) de 4,62 et 43,37 mé% et des teneurs finales correspondantes de 13,13 et 39,05 mé%.

Le rapport Mg/Ca est donc passé de 9,39 dans les conditions naturelles à, théoriquement, 2,11 si l'on considère, d'une part, que les 14 t/ha de CaO ont été mélangées à la terre de l'horizon de labour de 25 cm d'épaisseur et de densité apparente 1,25, d'autre part, que les paramètres sol à prendre en considération sont seulement le magnésium et le calcium échangeables.

On notera ici que, cinq années plus tard, ce rapport est de 2,98 dans l'horizon (0-20cm) avec une diminution de la teneur en magnésium échangeable et une augmentation de celle en calcium échangeable (les valeurs respectives de ces deux paramètres étant de 39,05 et 13,125 mé%). Dans l'horizon (20-40cm) aux caractéristiques très proches de celles du premier, ces chiffres sont respectivement de 5,646 ; 44,523 et 8,025

Il semble donc raisonnable d'essayer d'obtenir au départ de son projet un rapport Mg/Ca compris entre 2 et 3, et le plus voisin possible de 2.

Si m et c sont respectivement les teneurs en magnésium et en calcium échangeables et si d et h sont la densité apparente et la hauteur de l'horizon dans lequel sera incorporé l'amendement, la quantité q d'amendement, exprimée en t/ha de CaO, à épandre à la surface du terrain avant son incorporation sera donnée par la formule

$$q = (m - c * x) * d * h / 35,65 * x$$

formule dans laquelle x représente le rapport Mg/Ca auquel on veut parvenir, en termes d'éléments échangeables, après avoir amendé son terrain.

S'agissant de la nature de l'amendement calcique à appliquer, le problème ne peut pratiquement se résoudre qu'à l'aide d'une détermination préalable de laboratoire : l'établissement d'une courbe réponse du pH en fonction de doses croissantes de l'amendement

que l'on se propose d'utiliser, si, du moins, cet amendement est du calcaire broyé, de la chaux éteinte, voire de la chaux vive : dans ces conditions une élévation du pH-eau du sol résulte, en effet, de son application. Or, ce pH ne doit pas dépasser 6,5 pour la plupart des espèces. La première précaution à prendre est donc de ne pas dépasser pH 6,5 avec de tels amendements. Si la quantité de chaux à appliquer est supérieure à celle amenant le pH à 6,5, il faut appliquer alors un complément d'amendement n'agissant pas sur le pH. Le seul amendement ayant cette vertu et pratiquement à notre disposition est le gypse (du sulfate de calcium hydraté titrant généralement 32% de CaO).

Si le vertisol est proche de la neutralité, a fortiori s'il est naturellement basique, les quantités de gypse à appliquer deviendront relativement élevées et, s'il est probable qu'une nette amélioration de la fertilité en résultera immédiatement, il est impossible actuellement de prévoir ce qu'elle deviendra à échéance de deux ou trois ans. Nous avons vu, en effet, que l'application de gypse entraîne la formation de sulfate de magnésium hypersoluble dans le profil, et qu'un excès de ce produit peut, à la limite, entraîner des déséquilibres calco-magnésiens, même si globalement le rapport MgE/CaE devient proche des valeurs de référence.

#### **4.3.2 - Précautions à prendre après avoir amendé son terrain.**

Que l'on se trouve ou non dans ces conditions limites, une sage précaution sera, de toutes façons, de suivre l'évolution du pH et du complexe échangeable de son terrain. Seule l'accumulation de ces informations permettra, à la longue, d'affiner sa connaissance des dispositions à prendre pour de telles améliorations foncières.

#### **4.3.3 - Adaptation des espèces et des variétés cultivées**

La différence de sensibilité au déséquilibre calco-magnésien observée en serre sur 6 hybrides doubles de maïs et exploitée au champ à partir du second cycle, semble exister également chez d'autres espèces, chez le sorgho et le blé notamment. Un véritable programme de criblages intervariétaux sur ce critère serait certainement à entreprendre. Il impliquerait la disposition de champs expérimentaux sur (verti)sols magnésiens. En attendant de pouvoir mettre en place une telle structure expérimentale (station de recherche secondaire), absolument indispensable si l'on désire réellement faire progresser méthodiquement la connaissance des conditions de mise en valeur des sols magnésiens, il conviendrait d'attirer l'attention des agriculteurs désirant exploiter de tels sols sur le très grand intérêt pour eux-même de pouvoir réaliser des tests de comportements intervariétaux dans leurs conditions culturales. Une autre solution pourrait être de procéder à une approche de la question à l'aide de cultures sur vases de végétation sous serre. Assez facilement réalisables pour des plantes annuelles ou de faible développement, de tels tests ne sauraient être envisagés, naturellement, pour des plantes pérennes telles que les arbres fruitiers.

#### **4.3.4 - Adaptation des fumures**

Les règles générales de fumures définies et vérifiées pour les vertisols équilibrés devraient, à première vue, s'appliquer aux vertisols magnésiens. Un contrôle de leur efficacité et de leurs arrières effets devraient cependant être entrepris soit en plein champ, soit, pour le moins, avec l'aide de tests de fertilité sur vase de végétation.

#### 4.3.5 - Intérêt de drainer de tels sols

Bien qu'aucune expérience n'ait été organisée pour vérifier le bien-fondé du drainage de tels sols, l'expérimentation au champ a révélé régulièrement des symptômes d'asphyxie racinaire, que ce soit à l'occasion du dernier cycle conduit en saison des pluies ou lors des quatre premiers de saison sèche, mais irrigués. Drainer de tels sols améliorerait certainement les conditions de nutrition minérale. La présence de sels solubles dans les deux premiers horizons, de sels magnésiens en particulier, conduit à penser que le drainage aurait aussi pour conséquence une plus grande amélioration encore du déséquilibre calco-magnésien du sol.

### 5. - CONCLUSIONS GENERALES

Dix études expérimentales successives en serre et l'étude expérimentale au champ de cinq ans permettent donc de conclure à la possibilité de lever la stérilité des vertisols hypermagnésiens par l'application d'amendements calciques et à la pérennité des effets favorables de ces derniers sur cinq années au moins. Pour des sols comparables à celui pris comme sol de référence - ayant, au départ, un pH de 5,6 et des teneurs en magnésium et en calcium échangeables de 43,37 et 4,62 mé% - des applications de 12 à 14 t/ha de chaux sous forme de croûte calcaire et de gypse, le gypse apportant de 20 à 40% du total de la chaux, sont envisageables sinon recommandables.

Dans ces conditions, en renforçant initialement les fumures phosphatées comme s'il s'agissait de vertisols équilibrés, des rendements moyens de 8 à 10 t/ha de grain commercial peuvent être espérés.

Une définition plus précise de la nature et des quantités d'amendements à utiliser est possible et préférable, cependant, qui doit s'appuyer sur des résultats analytiques et l'établissement d'une courbe de pH-eau en fonction de la nature de l'amendement envisagé, gypse pure mis à part.

Suivre par la suite l'évolution du pH et du complexe échangeable du sol est vivement recommandé. Tester au champ les effets et arrières-effets de plusieurs doses d'amendement sur plusieurs variétés de la plante que l'on désire cultiver est souhaitable. Enfin, drainer son terrain permettrait certainement d'améliorer sur ce type de sols, tant les conditions générales de végétation, que les effets favorables des amendements et le rendement des fumures.

**ANNEXE 1**

**OPERATIONS CULTURALES, PLUVIOMETRIE, IRRIGATION**



## EXPERIMENTATION AMENDEMENT CALCIQUE SUR VERTISOL HYPERMAGNESIEN

Site de la TAMOA (propriété GAUDE)

Temps de travaux du 5ème cycle

Dates	Interventions	Temps (h)	Temps cumulé (h)	Matériel utilisé
	<u>TRAVAUX PREPARATOIRES :</u>			
24/10/88	Piquetage du champ	20		Manuel
22,23, 24,25, 30/03 1,7,8,04	Fauche et exportation des repous- ses de maïs et adventices, enfou- issement de la matière verte	48		Fendt + ensileuse + remorque
23/04/08	Broyage de la matière verte	8		Fendt + tondobroyeuse
25,26, 29/08	Enfouissement de la matière verte. Passage croisé.	12		Fendt + covercrop
			88	
	<u>MISE EN PLACE EXPERIMENTATION ET FACONS CULTURALES :</u>			
13,15, 16/09	Labour	8		Fendt + charrue réversible bisocs
7,11/10	Reprise du labour (2 passages croisés)	5		Fendt + covercrop
15/12	Epandage d'engrais de fond (125.250.200)	3		Renault + épandeur à plateaux
15/12	Epandage herbicide et insectici- de (10 l Capsolane + 2 l Gésaprim + 2,66 l Lindafor/ha)	2		Renault + tecnoma
15/12	Semis de l'hybride HYCORN 9 (105 000 pieds/ha) + roulage	3		Renault + semoir pneumati- que Bénac + rouleau Croskill
05/01/89	Piquetage des parcelles et des rangs utiles	15		Manuel
06/01	Traitement insecticide (Tamaron + Aggral)	4		Atomiseurs
13,16/01	Piquetage des pieds de référence	32		Manuel
24/01	Traitement insecticide (Tamaron)	4		Atomiseur
25/01	1er apport d'Urée en végétation (62,5 U/ha)	4		Manuel
06/02	2ème apport d'engrais (62,5. 62,5.100) sous forme de 13.13.21	4		Manuel
24/02	Traitement insecticide et fongicide (Tamaron + Bayleton 25)	4		Renault 461 S + tecnoma
03/04	Entretien allées et tour essai	2		Fendt + tondobroyeuse
10/04	Comptage et récolte des pieds de référence	27		Manuel
17,18,04	Comptage, pesées, broyages des pieds de référence (au laboratoi- re de l'ORSTOM)	16		Manuel

Dates	Interventions	Temps (h)	Temps cumulé (h)	Matériel utilisé
20/04	Récolte des rangs utiles	78		Manuel
21/04	Récolte des rangs de bordure	58		Manuel
25/04	Broyage de résidus de récolte	2		Fendt + tondobroyeuse
25/04	Piquetage des parcelles	2		Manuel
9,10,11,12/05	Egrenage, pesées de la récolte et matière sèche	94		Manuel
14/06	Creusement de 12 fosses pour étude de profil	6		Location pelle rétro GREPPO
			373	
	<u>MESURES ET CONTROLES DIVERS :</u>			
	1°/ <u>Hors essai :</u>			
	Test de germination de l'hybride Hycorn 9	2		
24/10	2°/ <u>Essai en place :</u> Prélèvements agrologiques début de cycle (0-20 cm)	32		Manuel
10,12/01	Comptage et démarriage à 67 000 pieds/ha	42		Manuel
28/04	Prélèvements agrologiques (0-20 et 20-40 cm)	40		Manuel
			116	
	<u>IRRIGATION :</u> (Pas nécessaire en raison pluviométrie)			
	TEMPS DE TRAVAIL .....		577	
	DEPLACEMENTS (39 %) .....		225	
	MAJORATION ABSENCES (25 %) ....		144	
	TEMPS MORTS (20 %) .....		115	
	ENCADREMENT (25 %) .....		144	
	TOTAL		1 205	

EXPERIMENTATION AMENDEMENT CALCIQUE SUR VERTISOL HYPERMAGNESIEN  
Site de la TAMOA (propriété GAUDE)

Pluviométrie du 5ème cycle

DATES	Déc. 88		Janv. 89		Fév. 89		Mars 89		Avril 89		
	Pluie	Irrig.	Pluie	Irrig.	Pluie	Irrig.	Pluie	Irrig.	Pluie	Irrig.	
1er			0,8				1,6				
2			16,8				11,2				
3			1,6				8				
4			5,4				0,2		0,2		
5			0,6								
6			0,5				1,2		0,8		
7											
8			5,2								
9					16,5				0,2		
10			7,8		4				66,7		
11			1,2		16		10,6				
12					0,2		23,6				
13					0,8						
14											
15					9,4						
16	7,2		0,4								
17	15,6		0,2		2,0						
18	6,6		27,6		1						
19	3,6				1,4						
20	2,6		34								
21	2,8		73,8		1,8						
22	5,6		0,6		1,2						
23	1,2				8,5						
24	0,2				1,6						
25	1,5		0,4		2,2		11				
26	0,8		6,2		16,6		2,6				
27			82,2		5,4		4,4				
28	0,8		13,8		2,8						
29			1,4								
30			26,3				2,4				
31	24		35,2				2,2				
TOTAL mois	72,5		342		91,4		79		67,9		
TOTAL GENERAL :		P :		652,8		I :		-			

EXPERIMENTATION AMENDEMENT CALCIQUE SUR VERTISOL HYPERMAGNESIEN

Site de la TAMOA (PAITA - Propriété CHIMENTI)

Temps de travaux du 5ème cycle

Interventions	Main d'oeuvre	Tracteur FENDT	Tracteur RENAULT 461 S	Charrue bisocs reversible	Epandeur à engrais	Cover crop	Tecnomat	Semoir pneumatique	Ensembleuse + remorque	Tondobroyeuse	Atomiseurs								
Travaux préparatoires	88	68				12			48	8									
Façons culturales	373	17	12	8	3	5	6	3		4	8								
Mesures et contrôles divers :																			
1°/ Hors essai	2																		
2°/ Essai en place	114																		
Irrigation	0																		
Travaux divers	0																		
<u>Totaux bruts</u> .....	577	85	12	8	3	17	6	3	48	12	8								
<u>Déplacements</u> .....	225																		
<u>Main d'oeuvre :</u>																			
- Majoration absences	144																		
- Temps morts .....	115																		
<u>Encadrement</u> .....	144																		
<b>TOTAUX NETS</b> .....	1 205	85	12	8	3	17	6	3	48	12	8								

**ANNEXE 2**

**PARAMETRES : DEFINITIONS ET CALCULS**



**Annexe 2.1**

**Définitions des paramètres**



INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
1	nP(UR)	Nombre de plants utiles restants
2	nE(UR)	Nombre d'épis utiles restants
3	pTFf(R)	poids frais des tiges et feuilles des pieds de référence
4	pTFf(éch+P)	poids frais des tiges et feuilles (échantillon) + panier
5	pTF(éch+P)	poids sec des tiges et feuilles (échantillon) + panier
6	Ppan	poids du panier
7	pTFf(éch)	poids frais des tiges et feuilles (échantillon)
8	pTF(éch)	poids sec des tiges et feuilles (échantillon)
9	pRch(R)	poids sec des rachis des pieds de référence
10	TMSTP(éch)	taux de matière sèche des tiges et feuilles (échantillon)
11	NEP(UR)	nombre d'épis par plant utile restant
12	pTF(R)	poids sec des tiges et feuilles des pieds de référence
13	pG(UR)	poids de grain sec des pieds utiles restants
14	pGf(UR)	poids de grain frais des pieds utiles restants
15	TMSG(UR)	taux de matière sèche des grains des pieds utiles restants
16	QG(UR)	rendement en grain sec (plants utiles restants)
17	nEst(R)	nombre d'épis stériles (plants de référence)
18	nEfs(R)	nombre d'épis fertiles sains (plants de référence)
19	pG(R)	poids des grains secs (plants de référence)
20	GRU(R)	poids de 1000 grains secs des plants de référence
21	PGE(R)	poids de grains secs par épi utile restant
22	PG(UR)	poids de grain sec par plant utile restant
23	pG(UR)	poids de grain sec des pieds utiles restants
24	pG	poids total de grains secs
25	nP(R)	Nombre de pieds de référence a la recolte
26	nP	nombre total de plants
27	nE(R)	nombre d'épis de référence
28	nE	nombre total d'épis
29	NEP(R)	nombre d'épis par plant de référence
30	NEP	nombre d'épis par plant
31	PG(R)	poids de grains secs par plant de référence
32	DPr	densité de peuplement
33	QG(R)	rendement en grains sur les plants de référence
34	PG	poids de grains secs par plants
35	QG	rendement en grains
36	PGE	poids de grains secs par épi
37	QGcom	rendement en grains commercial
38	TCdTF(R)	teneur en cendres des tiges et feuilles (référence)
39	TSiTF(R)	teneur en silice des tiges et feuilles (référence)
40	TNTF(R)	teneur en azote des tiges et feuilles (référence)
41	TPTF(R)	teneur en phosphore des tiges et feuilles (référence)
42	TKTF(R)	teneur en potassium des tiges et feuilles (référence)
43	TCaTF(R)	teneur en calcium des tiges et feuilles (référence)
44	TMgTF(R)	teneur en magnésium des tiges et feuilles (référence)
45	TNaTF(R)	teneur en sodium des tiges et feuilles (référence)
46	TCuTF(R)	teneur en cuivre des tiges et feuilles (référence)
47	TPeTF(R)	teneur en fer des tiges et feuilles (référence)
48	TAlTF(R)	teneur en aluminium des tiges et feuilles (référence)
49	TMnTF(R)	teneur en manganèse des tiges et feuilles (référence)
50	TNiTF(R)	teneur en nickel des tiges et feuilles (référence)
51	TCrTF(R)	teneur en chrome des tiges et feuilles (référence)
52	TCoTF(R)	teneur en cobalt des tiges et feuilles (référence)
53	PTP(R)	poids sec des tiges et feuilles par pied de référence
54	PCdTF(R)	immobilisation par plant en cendres des tiges et feuilles

## INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS

## - LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
55	PSiTF(R)	immobilisation par plant en silice des tiges et feuilles
56	PNTF(R)	immobilisation par plant en azote des tiges et feuilles
57	PPTF(R)	immobilisation par plant en phosphore des tiges et feuilles
58	PKTF(R)	immobilisation par plant en potassium des tiges et feuilles
59	PCaTF(R)	immobilisation par plant en calcium des tiges et feuilles
60	PMgTF(R)	immobilisation par plant en magnésium des tiges et feuilles
61	PNaTF(R)	immobilisation par plant en sodium des tiges et feuilles
62	PCuTF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en cuivre
63	PFetF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en fer
64	PAITF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en aluminium
65	PMnTF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en manganèse
66	PNiTF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en nickel
67	PCrTF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en chrome
68	PCoTF(R)	immobilisation par plant des tiges et feuilles en cobalt
69	QCdTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en cendres
70	QSiTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en silice
71	QNTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en azote
72	QPTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en phosphore
73	QKTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en potassium
74	QCaTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en calcium
75	QMgTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en magnésium
76	QNaTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en sodium
77	QCuTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en cuivre
78	QFetF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en fer
79	QAITF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en aluminium
80	QMnTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en manganèse
81	QNiTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en nickel
82	QCrTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en chrome
83	QCoTF(R)	immobilisation par m <sup>2</sup> des tiges et feuilles en cobalt
84	Mg/Ca TF(R)	rapport Mg/Ca (meq) dans les tiges et feuilles
85	TKmTF(R)	teneur en potassium (meq%) dans les tiges et feuilles
86	TCamTF(R)	teneur en calcium (meq%) dans les tiges et feuilles
87	TMgmTF(R)	teneur en magnésium (meq%) dans les tiges et feuilles
88	TNamTF(R)	teneur en sodium (meq%) dans les tiges et feuilles
89	BasTF(R)	somme des bases dans les tiges et feuilles
90	K/Bas TF(R)	rapport K/Bas dans les tiges et feuilles
91	Ca/Bas TF(R)	rapport Ca/Bas dans les tiges et feuilles
92	Mg/Bas TF(R)	rapport Mg/Bas dans les tiges et feuilles
93	Na/Bas TF(R)	rapport Na/Bas dans les tiges et feuilles
94	TCdG(R)	teneur en cendres des grains (référence)
95	TSiG(R)	teneur en silice des grains (référence)
96	TNG(R)	teneur en azote des grains (référence)
97	TPG(R)	teneur en phosphore des grains (référence)
98	TKG(R)	teneur en potassium des grains (référence)
99	TCaG(R)	teneur en calcium des grains (référence)
100	TMgG(R)	teneur en magnésium des grains (référence)
101	TNaG(R)	teneur en sodium des grains (référence)
102	TCuG(R)	teneur en cuivre des grains (référence)
103	TFeG(R)	teneur en fer des grains (référence)
104	TAlG(R)	teneur en aluminium des grains (référence)
105	TMnG(R)	teneur en manganèse des grains (référence)
106	TNiG(R)	teneur en nickel des grains (référence)
107	TCrG(R)	teneur en chrome des grains (référence)
108	TCoG(R)	teneur en cobalt des grains (référence)

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
109	TCdRCH(R)	teneur en cendres des rachis (référence)
110	TSiRCH(R)	teneur en silice des rachis (référence)
111	TNRCH(R)	teneur en azote des rachis (référence)
112	TPRCH(R)	teneur en phosphore des rachis (référence)
113	TKRCH(R)	teneur en potassium des rachis (référence)
114	TCaRCH(R)	teneur en calcium des rachis (référence)
115	TMgRCH(R)	teneur en magnésium des rachis (référence)
116	TNaRCH(R)	teneur en sodium des rachis (référence)
117	TFeRCH(R)	teneur en fer des rachis (référence)
118	TMnRCH(R)	teneur en manganèse des rachis (référence)
119	TNiRCH(R)	teneur en nickel des rachis (référence)
120	TCrRCH(R)	teneur en chrome des rachis (référence)
121	TCoRCH(R)	teneur en cobalt des rachis (référence)
122	PRCH(R)	poids sec des rachis par plant de référence
123	PCdRCH(R)	Immobilisation (par plant) en cendres des rachis
124	PSiRCH(R)	Immobilisation (par plant) en silice des rachis
125	PNRCH(R)	Immobilisation (par plant) en azote des rachis
126	PPRCH(R)	Immobilisation (par plant) en phosphore des rachis
127	PKRCH(R)	Immobilisation (par plant) en potassium des rachis
128	PCaRCH(R)	Immobilisation (par plant) en calcium des rachis
129	PMgRCH(R)	Immobilisation (par plant) en magnésium des rachis
130	PNaRCH(R)	Immobilisation (par plant) en sodium des rachis
131	PFeRCH(R)	Immobilisation (par plant) en fer des rachis
132	PMnRCH(R)	Immobilisation (par plant) en manganèse des rachis
133	PNiRCH(R)	Immobilisation (par plant) en nickel des rachis
134	PCrRCH(R)	Immobilisation (par plant) en chrome des rachis
135	PCdG(R)	Immobilisation (par plant) en cendres des grains
136	PSiG(R)	Immobilisation (par plant) en silice des grains
137	PNG(R)	Immobilisation (par plant) en azote des grains
138	PPG(R)	Immobilisation (par plant) en phosphore des grains
139	PKG(R)	Immobilisation (par plant) en potassium des grains
140	PCaG(R)	Immobilisation (par plant) en calcium des grains
141	PMgG(R)	Immobilisation (par plant) en magnésium des grains
142	PNaG(R)	Immobilisation (par plant) en sodium des grains
143	PCuG(R)	Immobilisation (par plant) en cuivre des grains
144	PFeG(R)	Immobilisation (par plant) en fer des grains
145	PAIG(R)	Immobilisation (par plant) en aluminium des grains
146	PMnG(R)	Immobilisation (par plant) en manganèse des grains
147	PNiG(R)	Immobilisation (par plant) en nickel des grains
148	PCdA(R)	Immobilisation (par plant) en cendres des parties aériennes
149	PSiA(R)	Immobilisation (par plant) en silice des parties aériennes
150	PNA(R)	Immobilisation (par plant) en azote des parties aériennes
151	PPA(R)	Immobilisation (par plant) en phosphore des parties aériennes
152	PKA(R)	Immobilisation (par plant) en potassium des parties aériennes
153	PCaA(R)	Immobilisation (par plant) en calcium des parties aériennes
154	PMgA(R)	Immobilisation (par plant) en magnésium des parties aériennes
155	PNaA(R)	Immobilisation (par plant) en sodium des parties aériennes
156	PCuA(R)	Immobilisation (par plant) en cuivre des parties aériennes
157	PFeA(R)	Immobilisation (par plant) en fer des parties aériennes
158	PAlA(R)	Immobilisation (par plant) en aluminium des parties aériennes
159	PMnA(R)	Immobilisation (par plant) en manganèse des parties aériennes
160	PNiA(R)	Immobilisation (par plant) en nickel des parties aériennes
161	PCrA(R)	Immobilisation (par plant) en chrome des parties aériennes
162	PCoA(R)	Immobilisation (par plant) en cobalt des parties aériennes

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
163	QCdRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cendres des rachis
164	QSiRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en silice des rachis
165	QNRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en azote des rachis
166	QPRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en phosphore des rachis
167	QKRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en potassium des rachis
168	QCaRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en calcium des rachis
169	QMgRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en magnésium des rachis
170	QNaRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en sodium des rachis
171	QFeRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en fer des rachis
172	QMnRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en manganèse des rachis
173	QNiRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en nickel des rachis
174	QCrRCH(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en chrome des rachis
175	QCdG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cendres des grains
176	QSiG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en silice des grains
177	QNG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en azote des grains
178	QPG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en phosphore des grains
179	QKG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en potassium des grains
180	QCaG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en calcium des grains
181	QMgG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en magnésium des grains
182	QNaG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en sodium des grains
183	QCuG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cuivre des grains
184	QFeG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en fer des grains
185	QMnG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en manganèse des grains
186	QNiG(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en nickel des grains
187	QCdA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cendres des parties aériennes
188	QSiA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en silice des parties aériennes
189	QNA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en azote des parties aériennes
190	QPA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en phosphore des parties aériennes
191	QKA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en potassium des parties aériennes
192	QCaA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en calcium des parties aériennes
193	QMGA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en magnésium des parties aériennes
194	QNaA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en sodium des parties aériennes
195	QCua(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cuivre des parties aériennes
196	QFeA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en fer des parties aériennes
197	QAlA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en aluminium des parties aériennes
198	QMnA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en manganèse des parties aériennes
199	QNiA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en nickel des parties aériennes
200	QCrA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en chrome des parties aériennes
201	QCoA(R)	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en cobalt des parties aériennes
202	Mg/CaRCH(R)	Rapport Mg/Ca (en meq) dans les rachis
203	Mg/CaG(R)	Rapport Mg/Ca (en meq) dans les grains
204	Mg/CaA(R)	Rapport Mg/Ca (en meq) dans les parties aériennes
205	TKmRCH(R)	teneur en potassium (meq%) des rachis
206	TCamRCH(R)	teneur en calcium (meq%) des rachis
207	TMgmRCH(R)	teneur en magnésium (meq%) des rachis
208	TNamRCH(R)	teneur en sodium (meq%) des rachis
209	BasRCH(R)	somme des bases dans les rachis
210	K/Bas RCH(R)	Rapport K/Bas dans les rachis
211	Ca/Bas RCH(R)	Rapport Ca/Bas dans les rachis
212	Mg/Bas RCH(R)	Rapport Mg/Bas dans les rachis
213	Na/Bas RCH(R)	Rapport Na/Bas dans les rachis
214	TKmG(R)	teneur en potassium (meq%) des grains
215	TCamG(R)	teneur en calcium (meq%) des grains
216	TMgmG(R)	teneur en magnésium (meq%) des grains

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
217	TNaM(R)	teneur en sodium (meq%) des grains
218	BasG(R)	somme des bases dans les grains
219	K/Bas G(R)	Rapport K/Bas dans les grains
220	Ca/Bas G(R)	Rapport Ca/Bas dans les grains
221	Mg/Bas G(R)	Rapport Mg/Bas dans les grains
222	Na/Bas G(R)	Rapport Na/Bas dans les grains
223	PKmA(R)	Immobilisation en potassium (meq) des parties aériennes
224	PCaM(A)(R)	Immobilisation en calcium (meq) des parties aériennes
225	PMgM(A)(R)	Immobilisation en magnésium (meq) des parties aériennes
226	PNaM(A)(R)	Immobilisation en sodium (meq) des parties aériennes
227	PBasA(R)	Immobilisation en bases des parties aériennes
228	QBasA(R)	Immobilisation en bases (par m <sup>2</sup> ) des parties aériennes
229	Cond(0-20)A	conductivité dans l'horizon 0-20 (début de cycle)
230	NGP(R)	nombre de grains par plant de référence
231	NGE(R)	nombre de grains par épi (référence)
232	PGE(UR)	poids de grains secs par épi (plants utiles restants)
233	QNG	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en azote des grains
234	QPG	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en phosphore des grains
235	QKG	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en potassium des grains
236	QMgG	Immobilisation (par m <sup>2</sup> ) en magnésium des grains
237	QG84-87	bilan des rendements de 1984 à 87
238	QNG84-87	immobilisations de 1984 à 87 en azote des grains
239	QPG84-87	immobilisations de 1984 à 87 en phosphore des grains
240	QKG84-87	immobilisation de 1984 à 87 en potassium des grains
241	QMg84-87	immobilisation de 1984 à 87 en magnésium des grains
242	IQG	bilan des rendements de 1984 à 88
243	IQNG	immobilisations de 1984 à 88 en azote des grains
244	IQPG	immobilisations de 1984 à 88 en phosphore des grains
245	IQKG	immobilisations de 1984 à 88 en potassium des grains
246	IQMgG	immobilisations de 1984 à 88 en magnésium des grains
247	IQNG/IQN <sub>Pu</sub>	part des grains sur l'exportation en azote de 1984 à 88
248	IQPG/IQP <sub>Pu</sub>	part des grains sur l'exportation en phosphore de 1984 à 88
249	IQKG/IQK <sub>Pu</sub>	part des grains sur l'exportation en potassium de 1984 à 88
250	pHeau 0-20A	pHeau de l'horizon 0-20, début de cycle
251	K1/2 1A	potassium soluble (extrait au 1/2) (0-20 cm, début de cycle)
252	Ca1/2 1A	calcium soluble (extrait au 1/2) (0-20 cm, début de cycle)
253	Mg1/2 1A	magnésium soluble (extrait au 1/2) (0-20 cm, début de cycle)
254	Na1/2 1A	sodium soluble (extrait au 1/2) (0-20 cm, début de cycle)
255	Cl1/2 1A	chlore soluble (extrait au 1/2) (0-20 cm, début de cycle)
256	SO41/2 1A	sulfates solubles (extrait au 1/2) (0-20, début de cycle)
257	Hum0-20B	Humidité de l'horizon 0-20 fin de cycle
258	A 0-20B	Teneur en argile de l'horizon 0-20 fin de cycle
259	LF 0-20B	Teneur en limon fin dans l'horizon 0-20 fin de cycle
260	LG 0-20B	Teneur en limon grossier de l'horizon 0-20 fin de cycle
261	SF 0-20B	Teneur en sable fin de l'horizon 0-20 fin de cycle
262	SG 0-20B	Teneur en sable grossier de l'horizon 0-20 fin de cycle
263	MO 0-20B	Teneur en matière organique de l'horizon 0-20 fin de cycle
264	LF/A	rapport limon fin sur argile de l'horizon 0-20 fin de cycle
265	pF2,5 0-20B	pF2,5 de l'horizon 0-20 fin de cycle
266	pF3 0-20B	pF3 de l'horizon 0-20 fin de cycle
267	pF4,2 0-20B	pF4,2 de l'horizon 0-20 fin de cycle
268	pHEau 0-20B	pHEau de l'horizon 0-20 fin de cycle
269	pHKCL 0-20B	pHKCL de l'horizon 0-20 fin de cycle
270	CT 0-20B	carbone totale de l'horizon 0-20 fin de cycle

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
271	NT 0-20B	azote totale de l'horizon 0-20 fin de cycle
272	C/N 0-20B	rapport carbone sur azote de l'horizon 0-20 fin de cycle
273	CaE 0-20	calcium échangeable de l'horizon 0-20 fin de cycle
274	MgE 0-20B	magnésium échangeable de l'horizon 0-20 fin de cycle
275	KE 0-20B	potassium échangeable de l'horizon 0-20 fin de cycle
276	NaE 0-20B	sodium échangeable de l'horizon 0-20 fin de cycle
277	IBE 0-20B	somme des bases échangeables de l'horizon 0-20 fin de cycle
278	CEC 0-20B	capacité d'échanges cationiques de l'horizon 0-20 fin de cycle
279	IBE/CEC 0-20	rapport bases échangeables sur capacité d'échanges cationiques
280	Cond 0-20B	conductivité de l'horizon 0-20 fin de cycle
281	PH 0-20B	pH de l'horizon 0-20 fin de cycle
282	Cl 0-20	chllore de l'horizon 0-20 fin de cycle
283	SO4 0-20B	sulfate de l'horizon 0-20 fin cycle
284	I-	somme des anions de l'horizon 0-20 fin de cycle
285	Ca++ 0-20B	calcium dans l'horizon 0-20 fin de cycle
286	Mg 0-20 B	magnésium dans l'horizon 0-20 fin de cycle
287	K 0-20B	potassium dans l'horizon 0-20 fin de cycle
288	Na 0-20B	sodium de l'horizon 0-20 fin de cycle
289	I+ 0-20B	somme des cations de l'horizon 0-20 fin de cycle
290	CaT 0-20B	calcium total de l'horizon 0-20 fin de cycle
291	MgT 0-20B	magnésium total de l'horizon 0-20 fin de cycle
292	KT 0-20B	potassium total de l'horizon 0-20 fin de cycle
293	NaT 0-20B	sodium total de l'horizon 0-20 fin de cycle
294	IBT 0-20B	somme des bases totales de l'horizon 0-20 fin de cycle
295	P205T 0-20B	phosphore total de l'horizon 0-20 fin de cycle
296	P205AS 0-20B	phosphore total assimilable de l'horizon 0-20 fin de cycle
297	Fe203 0-20B	teneur en fer de l'horizon 0-20 fin de cycle
298	MnO2 0-20B	teneur en manganèse de l'horizon 0-20 fin de cycle
299	NiO 0-20B	teneur en nickel de l'horizon 0-20 fin de cycle
300	Cr203 0-20B	teneur en chrome de l'horizon 0-20 fin de cycle
301	CoO 0-20	teneur en cobalt de l'horizon 0-20 fin de cycle
302	Hum20-40B	Taux d'humidité de l'horizon 20-40 fin de cycle
303	A20-40B	Teneur en argile de l'horizon 20-40 fin de cycle
304	LP20-40B	Teneur en limon fin de l'horizon 20-40 fin de cycle
305	LG20-40B	Teneur en limon grossier de l'horizon 20-40 fin de cycle
306	SF20-40B	Teneur en sable fin de l'horizon 20-40 fin de cycle
307	SG20-40B	Teneur en sable grossier de l'horizon 20-40 fin de cycle
308	MO20-40B	Teneur en matière organique de l'horizon 20-40 fin de cycle
309	LP/A20-40B	Rapport limon fin sur argile de l'horizon 20-40 fin de cycle
310	pF2,5 20-40B	pF 2,5 de l'horizon 20-40 fin de cycle
311	pF3 20-40B	pF 3 de l'horizon 20-40 fin de cycle
312	pF4,2 20-40B	pF 4,2 de l'horizon 20-40 fin de cycle
313	pHE 20-40	pH eau de l'horizon 20-40 fin de cycle
314	pHKCL 20-40	pHKCL del'horizon 20-40 fin de cycle
315	CT 20-40B	carbone total de l'horizon 20-40 fi de cycle
316	NT 20-40B	azote total de l'horizon 20-40 fin de cycle
317	C/N 20-40B	rapport carbone sur azote dans l'horizon 20-40 fin de cycle
318	CaE 20-40B	calcium échangeable de l'horizon 20-40 fin de cycle
319	MgE 20-40B	magnésium échangeable de l'horizon 20-40 fin de cycle
320	KE 20-40B	potassium échangeable de l'horizon 20-40 fin de cycle
321	NaE 20-40B	sodium échangeable de l'horizon 20-40 fin de cycle
322	IE 20-40B	somme des bases échangeables de l'horizon 20-40 fin de cycle
323	CEC 20-40B	capacité d'échanges cationiques de l'horizon 20-40 fin cycle
324	IBE/CEC 20-4	rapport IBE/CEC dans l'horizon 20-40 fin de cycle

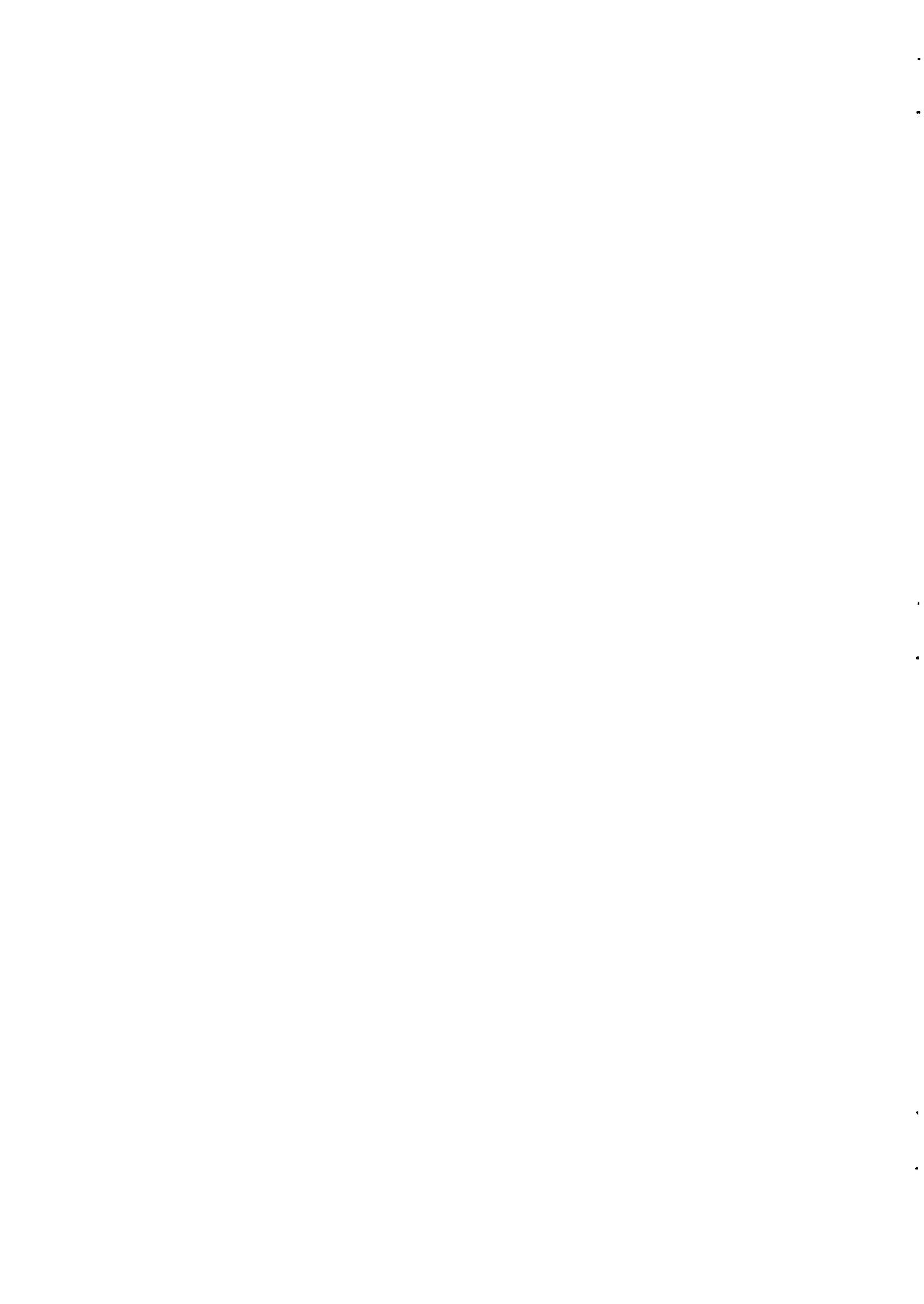
INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	DEFINITION
325	Cond 20-40B	conductivité dans l'horizon 20-40 fin de cycle
326	pH 20-40B	pH de l'horizon 20-40 fin de cycle
327	Cl- 20-40B	chlore dans l'horizon 20-40 fin de cycle
328	SO4= 20-40B	sulfate dans l'horizon 20-40 fin de cycle
329	I- 20-40B	somme des anions dans l'horizon 20-40 fin de cycle
330	I+ 20-40B	somme des cations dans l'horizon 20-40 fin de cycle
331	Ca++ 20-40B	calcium dans l'horizon 20-40 fin de cycle
332	Mg++ 20-40B	magnésium dans l'horizon 20-40 fin de cycle
333	Na+ 20-40B	sodium dans l'horizon 20-40 fin de cycle
334	CaT 20-40B	calcium total dans l'horizon 20-40 fin de cycle
335	MgT 20-40B	magnésium total dans l'horizon 20-40 fin de cycle
336	KT 20-40B	potassium total dans l'horizon 20-40 fin de cycle
337	NaT 20-40B	sodium total dans l'horizon 20-40 fin de cycle
338	IBT 20-40B	somme des bases totales dans l'horizon 20-40 fin de cycle
339	P205T 20-40B	phosphore total dans l'horizon 20-40 fin de cycle
340	P205AS 20-40B	phosphore assimilable dans l'horizon 20-40 fin de cycle
341	Fe203 20-40B	fer dans l'horizon 20-40 fin de cycle
342	Mn02 20-40B	manganèse dans l'horizon 20-40 fin de cycle
343	Ni0 20-40B	nickel dans l'horizon 20-40 fin de cycle
344	Cr203 20-40B	chrome dans l'horizon 20-40 fin de cycle
345	Co0 20-40B	cobalt dans l'horizon 20-40 fin de cycle
346	Mg/CaE20-40B	rapport Mg/Ca échangeables dans l'horizon 20-40, fin de cycle



**Annexe 2.2**

**Formules des paramètres dérivés**



INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
1	nP(UR)	nb	20/4/89	-
2	nE(UR)	nb	20/04/89	-
3	pTFf(R)	g	5/7/89	-
4	pTFf(éch+P)	g	5/7/89	-
5	pTF(éch+P)	g	5/7/89	-
6	Ppan	g	5/7/89	-
7	pTFf(éch)	g	5/7/89	V7=V4-V6
8	pTF(éch)	g	5/7/89	V8=V5-V6
9	pRch(R)	g	5/7/89	-
10	TWSTP(éch)	%	6/7/89	V10=(V8/V7)* 100.0000
11	NEP(UR)	nbr/plt	6/7/89	V11=V2/V1
12	pTF(R)	g	7/7/89	V12=(V10*V3)/ 100.0000
13	pG(UR)	Kg	27/7/89	-
14	pGf(UR)	Kg	27/7/89	-
15	TMSG(UR)	%	27/7/89	V15=(V13/V14)* 100.0000
16	QG(UR)	g/m <sup>2</sup>	27/7/89	V16=V13/ 0.02025
17	nEst(R)	nbr	8/8/89	-
18	nEfs(R)	nbr	8/8/89	-
19	pG(R)	g	8/8/89	-
20	GRU(R)	g/1000gr.	8/8/89	-
21	PGE(R)	g/épi	8/8/89	V21=V19/(V18+V17)
22	PG(UR)	g/plt	8/8/89	V22=(V13/V1)*1000
23	pG(UR)	g	8/8/89	V23=V13*1000
24	pG	g	8/8/89	V24=V23+V19
25	nP(R)	nbre	14/8/89	-
26	nP	nbr	23/8/89	V26=V25+V1
27	nE(R)	nbr	23/8/89	V27=V17+V18
28	nE	nbr	23/8/89	V28=V2+V27
29	NEP(R)	nb/plt	23/8/89	V29=V27/V25
30	NEP	nb/plt	23/8/89	V30=V28/V26
31	PG(R)	g/plt	23/8/89	V31=V19/V25
32	DPr	nb/m <sup>2</sup>	23/8/89	V32=V26/20
33	QG(R)	g/m <sup>2</sup>	23/8/89	V33=V31*V32
34	PG	g/plt	23/8/89	V34=V24/V26
35	QG	g/m <sup>2</sup>	23/8/89	V35=V34*V32
36	PGE	g/épi	23/8/89	V36=V24/V28
37	QGcom	g/m <sup>2</sup>	23/8/89	V37=V35/0.845
38	TCdTF(R)	%	30/10/89	-
39	TSiTF(R)	%	30/10/89	-
40	TWTF(R)	%	30/10/89	-
41	TPTF(R)	%	30/10/89	-
42	TKTF(R)	%	30/10/89	-
43	TCaTF(R)	%	30/10/89	-
44	TMgTF(R)	%	30/10/89	-
45	TNaTF(R)	%	30/10/89	-
46	TCuTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
47	TFeTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
48	TAlTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
49	TMnTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
50	TNiTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
51	TCrTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
52	TCotTF(R)	g/1000g	30/10/89	-
53	PTF(R)	g/plt	30/10/89	V53=V12/V25
54	PCdTF(R)	g/plt	30/10/89	V54=(V38*V53)/100

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
 - LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
55	PSiTF(R)	g/plt	30/10/89	V55=(V39*V53)/100
56	PNTP(R)	g/plt	30/10/89	V56=(V40*V53)/100
57	PPTP(R)	g/plt	30/10/89	V57=(V41*V53)/100
58	PKTP(R)	g/plt	30/10/89	V58=(V42*V53)/100
59	PCaTF(R)	g/plt	30/10/89	V59=(V43*V53)/100
60	PMgTF(R)	g/plt	30/10/89	V60=(V44*V53)/100
61	PNaTF(R)	g/plt	30/10/89	V61=(V45*V53)/100
62	PCuTF(R)	g/plt	30/10/89	V62=(V46*V53)/1000
63	PFeTF(R)	g/plt	30/10/89	V63=(V47*V53)/1000
64	PAITP(R)	g/plt	30/10/89	V64=(V48*V53)/1000
65	PMnTF(R)	g/plt	30/10/89	V65=(V49*V53)/1000
66	PNiTF(R)	g/plt	30/10/89	V66=(V50*V53)/1000
67	PCrTF(R)	g/plt	30/10/89	V67=(V51*V53)/1000
68	PCoTF(R)	g/plt	30/10/89	V68=(V52*V53)/1000
69	QCdTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V69=V54*V32
70	QSiTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V70=V55*V32
71	QNTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V71=V56*V32
72	QPTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V72=V57*V32
73	QKTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V73=V58*V32
74	QCaTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V74=V59*V32
75	QMgTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V75=V60*V32
76	QNaTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V76=V61*V32
77	QCuTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V77=V62*V32
78	QFeTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V78=V63*V32
79	QAITP(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V79=V64*V32
80	QMnTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V80=V65*V32
81	QNiTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V81=V66*V32
82	QCrTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V82=V67*V32
83	QCoTF(R)	g/m <sup>2</sup>	30/10/89	V83=V68*V32
84	Mg/Ca TF(R)	-	30/10/89	V84=(V44/V43)*1.65
85	TMnTF(R)	meq%	30/10/89	V85=V42*25.58
86	TCaTF(R)	meq%	30/10/89	V86=V43*49.88
87	TMgTF(R)	meq%	30/10/89	V87=V44*82.3
88	TNaTF(R)	meq%	30/10/89	V88=V45*43.48
89	BasTF(R)	meq%	30/10/89	V89=(V85+V86)+(V87+V88)
90	K/Bas TF(R)	-	30/10/89	V90=V85/V89
91	Ca/Bas TF(R)	-	30/10/89	V91=V86/V89
92	Mg/Bas TF(R)	-	30/10/89	V92=V87/V89
93	Na/Bas TF(R)	-	30/10/89	V93=V88/V89
94	TCdG(R)	‡	27/12/89	-
95	TSiG(R)	‡	27/12/89	-
96	TMG(R)	‡	27/12/89	-
97	TPG(R)	‡	27/12/89	-
98	TKG(R)	‡	27/12/89	-
99	TCaG(R)	‡	27/12/89	-
100	TMgG(R)	‡	27/12/89	-
101	TNaG(R)	‡	27/12/89	-
102	TCuG(R)	g/1000g	27/12/89	-
103	TFeG(R)	g/1000g	27/12/89	-
104	TAlG(R)	g/1000g	27/12/89	-
105	TMnG(R)	g/1000g	27/12/89	-
106	TNiG(R)	g/1000g	27/12/89	-
107	TCrG(R)	g/1000g	27/12/89	-
108	TCoG(R)	g/1000g	27/12/89	-

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
109	TCdRCH(R)	‡	27/12/89	-
110	TSiRCH(R)	‡	27/12/89	-
111	TNRCH(R)	‡	27/12/89	-
112	TPrCH(R)	‡	27/12/89	-
113	TKRCH(R)	‡	27/12/89	-
114	TCaRCH(R)	‡	27/12/89	-
115	TMgRCH(R)	‡	27/12/89	-
116	TNaRCH(R)	‡	27/12/89	-
117	TFeRCH(R)	g/1000g	27/12/89	-
118	TMnRCH(R)	g/1000g	27/12/89	-
119	TNiRCH(R)	g/1000g	27/12/89	-
120	TCrRCH(R)	g/1000g	27/12/89	-
121	TCoRCH(R)	g/1000g	27/12/89	-
122	PRCH(R)	g/plt	27/12/89	V122=V9/V25
123	PCdRCH(R)	g/plt	27/12/89	V123=(V122*V109)/100
124	PSiRCH(R)	g/plt	27/12/89	V124=(V122*V110)/100
125	PNRCH(R)	g/plt	27/12/89	V125=(V122*V111)/100
126	PPRCH(R)	g/plt	27/12/89	V126=(V122*V112)/100
127	PKRCH(R)	g/plt	27/12/89	V127=(V122*V113)/100
128	PCaRCH(R)	g/plt	27/12/89	V128=(V122*V114)/100
129	PMgRCH(R)	g/plt	27/12/89	V129=(V122*V115)/100
130	PNaRCH(R)	g/plt	27/12/89	V130=(V122*V116)/100
131	PFeRCH(R)	g/plt	27/12/89	V131=(V122*V117)/1000
132	PMnRCH(R)	g/plt	27/12/89	V132=(V122*V118)/1000
133	PNiRCH(R)	g/plt	27/12/89	V133=(V122*V119)/1000
134	PCrRCH(R)	g/plt	27/12/89	V134=(V122*V120)/1000
135	PCdG(R)	g/plt	27/12/89	V135=(V31*V94)/100
136	PSiG(R)	g/plt	27/12/89	V136=(V31*V95)/100
137	PMG(R)	g/plt	27/12/89	V137=(V31*V96)/100
138	PPG(R)	g/plt	27/12/89	V138=(V31*V97)/100
139	PKG(R)	g/plt	27/12/89	V139=(V31*V98)/100
140	PCaG(R)	g/plt	27/12/89	V140=(V31*V99)/100
141	PMgG(R)	g/plt	27/12/89	V141=(V31*V100)/100
142	PNaG(R)	g/plt	27/12/89	V142=(V31*V101)/100
143	PCuG(R)	g/plt	27/12/89	V143=(V31*V102)/1000
144	PFeG(R)	g/plt	27/12/89	V144=(V31*V103)/1000
145	PAlG(R)	g/plt	27/12/89	V145=(V31*V104)/1000
146	PMnG(R)	g/plt	27/12/89	V146=(V31*V105)/1000
147	PNiG(R)	g/plt	27/12/89	V147=(V31*V106)/1000
148	PCdA(R)	g/plt	27/12/89	V148=(V54+V123)+V135
149	PSiA(R)	g/plt	27/12/89	V149=(V55+V124)+V136
150	PNA(R)	g/plt	27/12/89	V150=(V56+V125)+V137
151	PPA(R)	g/plt	27/12/89	V151=(V57+V126)+V138
152	PKA(R)	g/plt	27/12/89	V152=(V58+V127)+V139
153	PCaA(R)	g/plt	27/12/89	V153=(V59+V128)+V140
154	PMgA(R)	g/plt	27/12/89	V154=(V60+V129)+V141
155	PNaA(R)	g/plt	27/12/89	V155=(V61+V130)+V142
156	PCuA(R)	g/plt	27/12/89	V156=V62+V143
157	PFeA(R)	g/plt	27/12/89	V157=(V63+V131)+V144
158	PAlA(R)	g/plt	27/12/89	V158=V64+V145
159	PMnA(R)	g/plt	27/12/89	V159=(V65+V132)+V146
160	PNiA(R)	g/plt	27/12/89	V160=(V66+V133)+V147
161	PCrA(R)	g/plt	27/12/89	V161=V67+V134
162	PCoA(R)	g/plt	27/12/89	V162=V68*1

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
 - LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
163	QCdRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V163=V123*V32
164	QSiRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V164=V124*V32
165	QNRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V165=V125*V32
166	QPRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V166=V126*V32
167	QKRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V167=V127*V32
168	QCaRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V168=V128*V32
169	QMgRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V169=V129*V32
170	QNaRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V170=V130*V32
171	QFeRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V171=V131*V32
172	QMnRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V172=V132*V32
173	QNiRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V173=V133*V32
174	QCrRCH(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V174=V134*V32
175	QCdG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V175=V135*V32
176	QSiG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V176=V136*V32
177	QNG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V177=V137*V32
178	QPG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V178=V138*V32
179	QKG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V179=V139*V32
180	QCaG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V180=V140*V32
181	QMgG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V181=V141*V32
182	QNaG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V182=V142*V32
183	QCuG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V183=V143*V32
184	QFeG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V184=V144*V32
185	QMnG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V185=V146*V32
186	QNiG(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V186=V147*V32
187	QCdA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V187=V148*V32
188	QSiA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V188=V149*V32
189	QNA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V189=V150*V32
190	QPA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V190=V151*V32
191	QKA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V191=V152*V32
192	QCaA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V192=V153*V32
193	QMgA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V193=V154*V32
194	QNaA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V194=V155*V32
195	QCuA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V195=V156*V32
196	QFeA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V196=V157*V32
197	QAlA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V197=V158*V32
198	QMnA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V198=V159*V32
199	QNiA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V199=V160*V32
200	QCrA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V200=V161*V32
201	QCoA(R)	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V201=V162*V32
202	Hg/CaRCH(R)	-	27/12/89	V202=(V115/V114)*1.65
203	Hg/CaG(R)	-	27/12/89	V203=(V100/V99)*1.65
204	Hg/CaA(R)	-	27/12/89	V204=(V154/V153)*1.65
205	TKmRCH(R)	meq/t	27/12/89	V205=V113*25.58
206	TCamRCH(R)	meq/t	27/12/89	V206=V114*49.88
207	TMgmRCH(R)	meq/t	27/12/89	V207=V115*82.3
208	TNamRCH(R)	meq/t	27/12/89	V208=V116*43.48
209	BasRCH(R)	meq/t	27/12/89	V209=(V205+V206)+(V207+V208)
210	K/Bas RCH(R)	-	27/12/89	V210=V205/V209
211	Ca/Bas RCH(R)	-	27/12/89	V211=V206/V209
212	Hg/Bas RCH(R)	-	27/12/89	V212=V207/V209
213	Na/Bas RCH(R)	-	27/12/89	V213=V208/V209
214	TKmG(R)	meq/t	27/12/89	V214=V98*25.58
215	TCamG(R)	meq/t	27/12/89	V215=V99*49.88
216	TMgmG(R)	meq/t	27/12/89	V216=V100*82.3

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
217	TNaG(R)	meq/t	27/12/89	V217=V101*43.48
218	BasG(R)	meq/t	27/12/89	V218=(V214+V215)+(V216+V217)
219	K/Bas G(R)	-	27/12/89	V219=V214/V218
220	Ca/Bas G(R)	-	27/12/89	V220=V215/V218
221	Mg/Bas G(R)	-	27/12/89	V221=V216/V218
222	Na/Bas G(R)	-	27/12/89	V222=V217/V218
223	PKmA(R)	meq/plt	27/12/89	V223=V152*25.58
224	PCaA(R)	meq/plt	27/12/89	V224=V153*49.88
225	PMgA(R)	meq/plt	27/12/89	V225=V154*82.3
226	PNaaA(R)	meq/plt	27/12/89	V226=V155*43.48
227	PBasA(R)	meq/plt	27/12/89	V227=(V223+V224)+(V225+V226)
228	QBasA(R)	meq/m <sup>2</sup>	27/12/89	V228=V227*V32
229	Cond(0-20)A	µS	1988 A	-
230	NGP(R)	nbr/plt	1988	V230=(V31/V20)*1000
231	NGE(R)	nbr/épi	1988	V231=V230/V29
232	PGE(UR)	g/épi	1988	V232=V23/V2
233	QNG	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V233=(V177/V31)*V34
234	QPG	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V234=(V178/V31)*V34
235	QKG	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V235=(V179/V31)*V34
236	QMgG	g/m <sup>2</sup>	27/12/89	V236=(V181/V31)*V34
237	QG84-87	g/m <sup>2</sup>	1987	-
238	QNG84-87	g/m <sup>2</sup>	1987	-
239	QPG84-87	g/m <sup>2</sup>	1987	-
240	QKG84-87	g/m <sup>2</sup>	1987	-
241	QMgG84-87	g/m <sup>2</sup>	1987	-
242	IQG	g/m <sup>2</sup>	1988	V242=V35+V237
243	IQNG	g/m <sup>2</sup>	1988	V243=V233+V238
244	IQPG	g/m <sup>2</sup>	1988	V244=V234+V239
245	IQKG	g/m <sup>2</sup>	1988	V245=V235+V240
246	IQMgG	g/m <sup>2</sup>	1988	V246=V236+V241
247	IQNG/IQNFu	%	1988	V247=V243/ ?
248	IQPG/IQPFu	%	1988	V248=V244/ ?
249	IQKG/IQKFu	%	1988	V249=V245/ ?
250	pHeau 0-20A	-	1988 A	-
251	K1/2 1A	meq/t	1988 A	-
252	Ca1/2 1A	meq/t	1988 A	-
253	Mg1/2 1A	meq/t	1988 A	-
254	Na1/2 1A	meq/t	1988 A	-
255	Cl1/2 1A	meq/t	1988 A	-
256	SO41/2 1A	meq/t	1988 A	-
257	Hum0-20B	%	6/11/91	-
258	A 0-20B	%	6/11/91	-
259	LF 0-20B	%	6/11/91	-
260	LG 0-20B	%	6/11/91	-
261	SF 0-20B	%	6/11/91	-
262	SG 0-20B	%	6/11/91	-
263	MO 0-20B	%	6/11/91	-
264	LF/A		6/11/91	-
265	pF2,5 0-20B	%	6/11/91	-
266	pF3 0-20B	%	6/11/91	-
267	pF4,2 0-20B	%	6/11/91	-
268	pHEau 0-20B		6/11/91	-
269	pHKCL 0-20B		6/11/91	-
270	CT 0-20B	mg/g	6/11/91	-

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIFIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
271	NT 0-20B	mg/g	6/11/91	-
272	C/N 0-20B		6/11/91	-
273	CaE 0-20	meq/100g	6/11/91	-
274	MgE 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
275	KE 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
276	NaE 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
277	IBE 0-20B	meq/100g	6/11/91	V277=(V273+V274)+(V275+V276)
278	CEC 0-20B	meq/100g	6/11/91	V277=(V273+V274)+(V275+V276)
279	IBE/CEC 0-20	%	6/11/91	V279=(V277/V278)*100
280	Cond 0-20B	µS/cm	6/11/91	-
281	PH 0-20B		6/11/91	-
282	Cl 0-20	meq/100g	6/11/91	-
283	SO4 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
284	I-	meq/100g	6/11/91	V284=V282+V283
285	Ca++ 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
286	Mg 0-20 B	meq/100g	6/11/91	-
287	K 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
288	Na 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
289	I+ 0-20B	meq/100g	6/11/91	V289=(V285+V286)+(V287+V288)
290	CaT 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
291	MgT 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
292	KT 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
293	NaT 0-20B	meq/100g	6/11/91	-
294	IBT 0-20B	meq/100g	6/11/91	V294=(V290+V291)+(V292+V293)
295	P205T 0-20B	mg/g	6/11/91	-
296	P205AS 0-20B	mg/g	6/11/91	-
297	Fe203 0-20B	%	6/11/91	-
298	Mn02 0-20B	%	6/11/91	-
299	Ni0 0-20B	%	6/11/91	-
300	Cr203 0-20B	%	6/11/91	-
301	Co0 0-20	%	6/11/91	-
302	Hum20-40B	%	25/11/91	-
303	A20-40B	%	25/11/91	-
304	LF20-40B	%	25/11/91	-
305	LG20-40B	%	25/11/91	-
306	SF20-40B	%	25/11/91	-
307	SG20-40B	%	25/11/91	-
308	MO20-40B	%	25/11/91	-
309	LF/A20-40B	%	25/11/91	-
310	pF2,5 20-40B	%	25/11/91	-
311	pF3 20-40B	%	25/11/91	-
312	pF4,2 20-40B	%	25/11/91	-
313	pHE 20-40		25/11/91	-
314	pHKCL 20-40		25/11/91	-
315	CT 20-40B	mg/g	25/11/91	-
316	NT 20-40B	mg/g	25/11/91	-
317	C/N 20-40B		25/11/91	-
318	CaE 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
319	MgE 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
320	KE 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
321	NaE 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
322	IE 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
323	CEC 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
324	IBE/CEC 20-4	%	25/11/91	-

INFLUENCE DE 3 DOSES DE CAO DE 2 AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
- LISTE DES PARAMETRES -

NO	PARAMETRE	UNITE	DATE	FORMULE
325	Cond 20-40B	µs/cm	25/11/91	-
326	pH 20-40B		25/11/91	-
327	Cl- 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
328	SO4= 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
329	I- 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
330	I+ 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
331	Ca++ 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
332	Mg++ 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
333	Na+ 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
334	CaT 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
335	MgT 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
336	KT 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
337	NaT 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
338	IBT 20-40B	meq/100g	25/11/91	-
339	P205T 20-40B	mg/g	25/11/91	-
340	P205AS 20-40	mg/g	25/11/91	-
341	Fe203 20-40B	‰	25/11/91	-
342	MnO2 20-40B	‰	25/11/91	-
343	NiO 20-40B	‰	25/11/91	-
344	Cr203 20-40B	‰	25/11/91	-
345	CoO 20-40B	‰	25/11/91	-
346	Hg/CaE20-40B	-	25/11/91	V346=V319/V318



**ANNEXE 3**

**RECAPITULATIF DES ANALYSES DE VARIANCE**



**Annexe 3.1**

**Influence des facteurs principaux "nature" et "dose"  
et de l'interaction "nature x dose"**



**1.1 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse		
				4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha		4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha						
11	NEP(UR)	nbre/plit	10,78	0,8944	0,789	0,3968	0,798	0,781	0,7873	0,764	0,801	0,804	0,0278	0,776	0,807	0,812	0,752	0,795	0,796
16	QG(UR)	g/m <sup>2</sup>	16,87	1,0604	310,549	0,7780	318,299	302,798	0,9974	276,770	317,305	337,572	0,6149	296,831	317,695	340,370	256,708	316,914	334,774
20	GRU(R)	g/1000gr	5,95	1,4261	270,165	0,3745	258,497	261,833	0,6284	262,337	261,704	256,454	0,8119	260,125	256,083	259,283	264,550	267,325	253,625
21	PGE(R)	g/épis	18,83	1,2050	67,558	0,8769	69,949	65,167	0,9951	59,559	71,702	71,413	0,4168	63,548	71,220	75,079	55,570	72,183	67,148
22	PG(UR)	p/plit	17,55	1,0715	58,078	0,6791	59,304	56,852	0,9975	51,504	59,347	63,381	0,6421	55,232	59,241	63,438	47,777	59,454	63,325
29	NEP(R)	nbre/plit	12,29	0,9583	0,996	0,4986	1,006	0,986	0,6789	1,028	0,979	0,981	0,2362	1,023	1,000	0,995	1,032	0,958	0,968
30	NEP	nbre/plit	9,45	1,0370	0,819	0,3469	0,828	0,810	0,4042	0,801	0,826	0,829	0,0017	0,811	0,834	0,838	0,702	0,818	0,820
31	PG(R)	g/plit	19,26	0,9217	66,856	0,9390	69,833	63,878	0,9765	60,404	70,044	70,119	0,3611	64,090	70,980	74,430	56,718	69,108	65,808
32	DPr	nbre/m <sup>2</sup>	3,24	0,9438	6,328	0,4220	6,342	6,314	0,4923	6,367	6,319	6,298	0,2334	6,358	6,333	6,333	6,375	6,304	6,263
33	QG(R)	g/m <sup>2</sup>	19,38	0,9648	422,530	0,9460	442,045	403,016	0,9656	384,070	442,349	441,172	0,3737	407,338	448,779	470,019	360,802	435,920	412,326
34	PG	g/plit	17,06	1,2605	59,321	0,7750	60,808	57,835	0,9973	52,746	60,870	64,348	0,4241	56,470	60,922	65,032	49,023	60,818	63,663
35	QG	g/m <sup>2</sup>	16,50	1,2773	374,601	0,8392	385,128	364,074	0,9972	334,593	384,310	404,899	0,4429	358,223	385,549	411,612	310,963	383,072	398,186
36	PGE	g/épis	13,32	1,7307	71,970	0,7085	73,185	70,746	0,9989	65,070	73,394	77,448	0,7890	69,166	72,694	77,725	60,974	74,093	77,170
37	QGcom	g/m <sup>2</sup>	16,50	1,2773	443,314	0,8392	455,772	430,856	0,9972	395,968	454,805	479,170	0,4429	423,932	456,271	487,115	368,003	453,340	471,226
39	TSiTF(R)	%	11,72	0,8439	3,745	0,4703	3,707	3,784	0,4606	3,662	3,780	3,793	0,0135	3,619	3,754	3,747	3,706	3,807	3,839
40	TNiTF(R)	%	8,91	0,9424	0,764	0,9684	0,745	0,782	0,9685	0,779	0,731	0,781	0,9569	0,774	0,730	0,732	0,783	0,733	0,830
41	TPiTF(R)	%	17,34	2,4955	0,145	0,7154	0,141	0,149	0,4919	0,147	0,139	0,149	0,6451	0,150	0,135	0,139	0,144	0,144	0,158
42	TKiTF(R)	%	12,61	1,4094	1,341	0,4860	1,355	1,326	0,4255	1,333	1,319	1,370	0,6191	1,382	1,334	1,349	1,284	1,305	1,391
43	TCaTF(R)	‰	22,74	1,3602	0,623	0,0045	0,623	0,23	0,9997	0,515	0,624	0,731	0,3059	0,501	0,618	0,751	0,529	0,630	0,711
44	TMgTF(R)	%	8,21	0,7734	0,332	0,9611	0,325	0,339	0,9676	0,320	0,334	0,342	0,0165	0,312	0,328	0,334	0,327	0,340	0,349
45	TNaTF(R)	‰	19,59	1,8199	0,312	0,3078	0,309	0,315	0,0182	0,313	0,310	0,314	0,1716	0,316	0,303	0,310	0,310	0,318	0,318
46	TCuTF(R)	ppm	22,15	1,4615	2,319	0,8794	2,222	2,417	0,9933	2,625	2,208	2,125	0,4488	2,583	2,167	1,917	2,667	2,250	2,333
47	TFeTF(R)	‰	35,02	1,0175	0,434	0,3824	0,418	0,450	0,9709	0,0374	0,428	0,501	0,0079	0,359	0,414	0,482	0,389	0,442	0,520
48	TAiTF(R)	‰	31,78	1,3302	0,123	0,8078	0,117	0,129	0,9353	0,110	0,121	0,138	0,1041	0,106	0,116	0,129	0,114	0,127	0,147
49	TMnTF(R)	ppm	15,69	0,8261	20,000	0,9039	19,361	20,639	0,9985	22,167	18,292	19,542	0,4605	21,667	18,083	18,333	22,667	18,500	20,750
50	TNiTF(R)	ppm	35,91	1,4779	14,306	0,9456	13,083	15,528	0,6741	13,625	13,667	15,625	0,3123	12,917	12,667	13,667	14,333	14,667	17,583
51	TCrTF(R)	ppm	38,91	1,2467	10,750	0,4125	10,333	11,167	0,9646	9,458	10,125	12,667	0,0486	8,833	9,750	12,417	10,083	10,500	12,917
52	TCoTF(R)	ppm	42,26	1,0123	1,597	0,3882	1,556	1,639	0,1145	1,542	1,625	1,625	0,2972	1,583	1,500	1,583	1,500	1,750	1,667
53	PTF(R)	g/plit	9,65	0,9803	92,383	0,3963	92,946	91,820	0,8615	95,480	90,843	90,827	0,0332	96,303	95,526	91,009	94,656	90,159	90,645
54	PCdTF(R)	g/plit	10,48	0,8203	6,895	0,1350	6,881	6,909	0,4169	7,027	6,746	6,912	0,1132	7,063	6,734	6,846	6,991	6,757	6,979
55	PSiTF(R)	g/plit	11,98	0,6245	3,452	0,1074	3,445	3,458	0,2355	3,503	3,432	3,421	0,0187	3,508	3,426	3,402	3,497	3,438	3,439
56	PNiTF(R)	g/plit	15,26	1,4416	0,707	0,6746	0,694	0,720	0,9523	0,747	0,665	0,710	0,7516	0,750	0,667	0,666	0,745	0,662	0,754
57	PPiTF(R)	g/plit	22,43	2,3163	0,134	0,4529	0,132	0,137	0,6371	0,141	0,127	0,136	0,4613	0,145	0,123	0,127	0,137	0,130	0,144

**1.2 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse		
	Sigle	Unité											4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	
58	PKTF(R)	g/plt	16,40	1,5760	1,238	0,4013	1,258	1,217	0,4492	1,272	1,197	1,243	0,4981	1,328	1,218	1,228	1,217	1,176	1,258
59	PCaTF(R)	mg/plt	23,01	1,2744	57,270	0,2710	57,815	56,725	0,9984	49,357	56,574	65,879	0,2926	48,787	56,385	68,272	49,926	56,764	63,486
60	PMgTF(R)	mg/plt	12,02	0,8079	306,495	0,3390	302,227	310,762	0,1405	306,267	303,675	309,542	0,0227	302,396	300,317	303,968	310,137	307,033	315,117
61	PNaTF(R)	mg/plt	21,55	1,3201	28,869	0,0983	28,781	28,957	0,4741	30,070	28,220	28,316	0,1694	30,587	27,657	28,099	29,553	28,783	28,534
62	PCuTF(R)	mg/plt	30,12	2,3354	0,215	0,4238	0,208	0,223	0,9783	0,252	0,201	0,193	0,3231	0,252	0,197	0,175	0,252	0,205	0,212
63	PFeTF(R)	mg/plt	36,86	1,2575	39,788	0,4925	38,604	40,973	0,8843	35,750	38,775	44,841	0,0200	34,965	37,653	43,194	36,534	39,896	46,489
64	PAITF(R)	mg/plt	35,50	1,7860	11,313	0,3419	10,850	11,775	0,7183	10,548	11,012	12,379	0,1294	10,383	10,565	11,603	10,712	11,458	13,155
65	PMnTF(R)	mg/plt	20,06	1,1348	1,852	0,3488	1,810	1,894	0,9988	2,124	1,663	1,769	0,4044	2,107	1,660	1,663	2,142	1,666	1,875
66	PNiTF(R)	mg/plt	36,11	1,5961	1,316	0,9192	1,214	1,418	0,4907	1,301	1,241	1,407	0,3721	1,261	1,150	1,233	1,341	1,333	1,581
67	PCrTF(R)	mg/plt	42,34	1,6057	0,982	0,4237	0,954	1,011	0,8749	0,903	0,913	1,131	0,0503	0,855	0,884	1,122	0,950	0,942	1,139
68	PCoTF(R)	mg/plt	43,95	1,1435	0,146	0,2051	0,144	0,148	0,0029	0,147	0,146	0,145	0,3478	0,154	0,136	0,143	0,140	0,156	0,148
69	QCdTF(R)	g/m <sup>2</sup>	11,80	0,9821	43,648	0,0055	43,649	43,647	0,6258	44,779	42,650	43,515	0,0430	45,025	42,587	43,333	44,532	42,713	43,697
70	QSiTF(R)	g/m <sup>2</sup>	12,99	0,6854	21,848	0,0112	21,851	21,845	0,3915	22,321	21,691	21,532	0,0058	22,373	21,651	21,530	22,268	21,732	21,534
71	QNTF(R)	g/m <sup>2</sup>	16,12	1,6120	4,475	0,4106	4,403	4,547	0,9566	4,758	4,195	4,472	0,6592	4,777	4,213	4,218	4,739	4,176	4,726
72	QPITF(R)	g/m <sup>2</sup>	23,73	2,7564	0,851	0,4000	0,836	0,865	0,6767	0,899	0,799	0,855	0,4974	0,927	0,778	0,804	0,871	0,820	0,905
73	QKTF(R)	g/m <sup>2</sup>	17,60	1,8681	7,834	0,3735	7,983	7,685	0,4295	8,104	7,573	7,826	0,3896	8,458	7,716	7,776	7,750	7,431	7,876
74	QCaTF(R)	g/m <sup>2</sup>	23,47	1,2698	0,362	0,3171	0,367	0,358	0,9973	0,315	0,357	0,414	0,3484	0,312	0,356	0,432	0,319	0,359	0,397
75	QMgTF(R)	g/m <sup>2</sup>	12,72	0,8055	1,939	0,4423	1,916	1,962	0,1270	1,952	1,918	1,948	0,0009	1,928	1,896	1,924	1,975	1,940	1,973
76	QNaTF(R)	g/m <sup>2</sup>	21,11	1,2935	0,0183	0,0385	0,182	0,183	0,4079	0,191	0,178	0,0178	0,1958	0,195	0,174	0,178	0,188	0,182	0,178
77	QCuTF(R)	mg/m <sup>2</sup>	31,29	2,47433	1,364	0,4702	1,321	1,407	0,9813	1,605	1,273	1,214	0,2718	1,605	1,252	1,105	1,604	1,294	1,322
78	QFeTF(R)	mg/m <sup>2</sup>	38,24	1,5229	252,378	0,4278	245,737	259,019	0,8374	228,264	246,189	282,680	0,0056	223,009	239,823	274,379	233,519	252,556	290,981
79	QAITF(R)	mg/m <sup>2</sup>	36,65	1,7216	71,754	0,4020	69,075	74,432	0,6304	67,431	69,880	77,949	0,0883	66,348	67,272	73,605	68,515	72,489	82,293
80	QMnTF(R)	mg/m <sup>2</sup>	21,65	1,2400	11,731	0,4420	11,493	11,969	0,9984	13,535	10,508	11,149	0,3266	13,450	10,500	10,530	13,621	10,517	11,768
81	QNITF(R)	mg/m <sup>2</sup>	37,40	1,6266	8,360	0,8881	7,753	8,967	0,4172	8,320	7,902	8,858	0,2151	8,061	7,361	7,838	8,580	8,443	9,877
82	QCrTF(R)	mg/m <sup>2</sup>	43,65	1,5198	6,217	0,3887	6,049	6,385	0,8368	5,750	5,785	7,116	0,0620	5,445	5,612	7,091	6,055	5,958	7,142
83	QCoTF(R)	mg/m <sup>2</sup>	45,12	1,2061	0,926	0,1242	0,918	0,933	0,0097	0,934	0,926	0,917	0,3439	0,983	0,861	0,910	0,886	0,990	0,923
84	Mg/CaTF(R)	-	21,50	2,3359	9,237	0,4061	9,005	9,469	0,9983	10,651	9,048	8,012	0,3209	10,609	8,970	7,435	10,693	9,125	8,589
90	K/BasTF(R)	-	8,21	2,3639	0,519	0,7793	0,526	0,521	0,4576	0,530	0,514	0,514	0,3691	0,544	0,521	0,514	0,515	0,507	0,514
91	Ca/BasTF(R)	%	21,85	2,2815	4,681	0,1031	4,699	4,664	0,9981	3,987	4,718	5,339	0,4277	3,844	4,694	5,560	4,131	4,743	5,117
92	Mg/BasTF(R)	-	8,17	2,1138	0,414	0,9230	0,406	0,421	0,3595	0,409	0,419	0,413	0,4259	0,396	0,412	0,410	0,422	0,425	0,415
93	Na/BasTF(R)	-	18,04	2,7508	0,021	0,1567	0,020	0,021	0,3852	0,021	0,020	0,020	0,1094	0,021	0,020	0,020	0,021	0,021	0,020

**1.3 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES														
	Sigle	Unité				Nature de l'amendement			Doses de CaO						Interaction nature x dose					
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse			
														4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	
95	TSiG(R)	%	11,62	1,0000	0,010	0,6692	0,010	0,010	0,3874	0,010	0,010	0,010	0,3874	0,010	0,011	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
96	TNG(R)	%	4,31	1,4158	1,777	0,3630	1,769	1,786	0,9319	1,809	1,759	1,764	0,0639	1,796	1,753	1,757	1,822	1,765	1,770	
97	TPG(R)	%	5,93	1,7384	0,345	0,0897	0,345	0,346	0,2227	0,347	0,343	0,346	0,1768	0,346	0,345	0,345	0,348	0,341	0,347	
98	TKG(R)	%	4,69	0,8221	0,438	0,4740	0,439	0,436	0,4565	0,441	0,435	0,437	0,8721	0,443	0,443	0,432	0,440	0,427	0,441	
99	TCaG(R)	‰	19,60	1,3636	0,010	0,4236	0,011	0,010	0,6126	0,010	0,011	0,010	0,2753	0,010	0,011	0,011	0,010	0,011	0,010	
100	TMgG(R)	‰	5,66	1,5502	1,039	0,0647	1,308	1,310	0,4416	1,325	1,303	1,299	0,2008	1,322	1,311	1,293	1,328	1,296	1,305	
101	TNaG(R)	‰	11,62	1,0000	0,010	0,3304	0,010	0,010	0,6126	0,010	0,010	0,010	0,6126	0,010	0,010	0,010	0,010	0,011	0,010	
102	TCuG(R)	ppm	45,26	3,0625	1,153	0,1658	1,167	1,139	0,6334	1,292	1,083	1,083	0,0402	1,333	1,083	1,083	1,250	1,083	1,083	
103	TFeG(R)	ppm	60,99	2,2732	5,472	0,8774	6,194	4,750	0,7680	6,583	5,125	4,708	0,4313	8,167	5,417	5,000	5,000	4,833	4,417	
104	TAlG(R)	ppm	491,92	1,4186	0,458	0,7581	0,139	0,778	0,2009	0,208	0,542	0,625	0,2790	0,000	0,417	0,000	0,417	0,667	1,250	
105	TMnG(R)	ppm	10,89	1,5405	5,167	0,4169	5,111	5,222	0,9969	5,542	5,000	4,958	0,2571	5,417	5,000	4,917	5,667	5,000	5,000	
106	TNiG(R)	ppm	36,07	2,7649	5,625	0,4176	5,472	5,778	0,9997	7,417	5,000	4,458	0,4995	7,250	5,250	3,917	7,583	4,750	5,000	
107	TCrG(R)	ppm	848,53	1,0000	0,001	0,6692	0,003	0,000	0,6126	0,004	0,000	0,000	0,6126	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
108	TCoG(R)	ppm	848,53	1,0000	0,001	0,6692	0,003	0,000	0,6126	0,004	0,000	0,000	0,6126	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
109	TCdRch(R)	%	10,51	1,8166	2,724	0,6815	2,689	2,759	0,8007	2,813	2,689	2,670	0,8624	2,723	2,754	2,591	2,902	2,624	2,750	
110	TSiRch(R)	%	12,76	1,1467	0,622	0,3555	0,618	0,627	0,3952	0,604	0,630	0,633	0,4021	0,584	0,643	0,627	0,623	0,618	0,638	
111	TNRch(R)	%	15,64	2,0141	0,628	0,8809	0,609	0,647	0,9942	0,688	0,596	0,600	0,6455	0,648	0,598	0,582	0,729	0,594	0,617	
112	TPRch(R)	%	26,16	1,7268	0,101	0,4799	0,099	0,103	0,9993	0,122	0,092	0,089	0,7111	0,114	0,096	0,087	0,130	0,087	0,092	
113	TKRch(R)	%	11,59	1,2295	0,886	0,4765	0,877	0,895	0,8021	0,918	0,867	0,872	0,8923	0,897	0,895	0,838	0,938	0,839	0,907	
114	TCaRch(R)	‰	15,13	1,2368	0,048	0,4719	0,047	0,048	0,9884	0,050	0,044	0,050	0,2837	0,048	0,044	0,049	0,051	0,043	0,051	
115	TMgRch(R)	‰	17,33	1,3988	0,695	0,9346	0,668	0,722	0,9999	0,822	0,641	0,622	0,8257	0,759	0,646	0,598	0,885	0,637	0,646	
116	TNaRch(R)	‰	37,68	1,0723	0,013	0,4917	0,014	0,013	0,7319	0,012	0,012	0,015	0,6717	0,013	0,014	0,014	0,013	0,011	0,015	
117	TFeRch(R)	ppm	27,57	2,2451	81,069	0,1219	80,611	81,528	0,9567	73,417	77,583	92,208	0,1479	72,667	79,417	89,750	74,167	75,750	94,667	
118	TMnRch(R)	ppm	12,18	1,2105	5,083	0,9684	4,917	5,250	1,0000	5,875	4,542	4,833	0,9862	5,417	4,667	4,667	6,333	4,417	5,000	
119	TNiRch(R)	ppm	16,32	1,9038	6,889	0,4570	6,806	6,972	0,7298	7,167	6,625	6,875	0,6204	6,833	6,750	6,833	7,500	6,500	6,917	
120	TCrRch(R)	ppm	19,09	1,4522	8,542	0,1752	8,583	8,500	0,7678	8,125	8,542	8,958	0,7100	7,750	8,667	9,333	8,500	8,417	8,583	
121	TCoRch(R)	ppm	848,53	1,0000	0,001	0,6692	0,003	0,000	0,6126	0,004	0,000	0,000	0,6126	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
122	PRch(R)	g/plt	12,17	0,4804	12,651	0,8311	12,908	12,394	0,0830	12,672	12,731	12,550	0,4265	12,633	12,985	13,106	12,711	12,478	11,994	
123	PCdRch(R)	g/plt	14,79	0,7807	0,344	0,4021	0,347	0,340	0,6470	0,355	0,342	0,334	0,7626	0,345	0,358	0,339	0,366	0,327	0,329	
124	PSiRch(R)	g/plt	17,65	0,9049	0,078	0,4247	0,079	0,077	0,3888	0,076	0,080	0,079	0,6782	0,073	0,083	0,082	0,079	0,077	0,077	
125	PNRch(R)	g/plt	17,45	0,9367	0,079	0,3256	0,078	0,080	0,9876	0,087	0,076	0,075	0,8363	0,081	0,078	0,076	0,092	0,074	0,074	
126	PPRch(R)	g/plt	24,72	1,2152	0,013	0,0092	0,013	0,013	0,9995	0,015	0,012	0,011	0,8504	0,014	0,012	0,011	0,016	0,011	0,011	
127	PKRch(R)	g/plt	15,74	0,7977	0,112	0,4996	0,113	0,110	0,6901	0,116	0,111	0,109	0,7189	0,113	0,116	0,110	0,118	0,105	0,108	

**1.4 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse		
									4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha		4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	
128	PCaRch(R)	mg/plt	14,95	1,1279	0,598	0,3347	0,603	0,594	0,9863	0,622	0,550	0,623	0,4839	0,608	0,563	0,638	0,636	0,536	0,609
129	PMgRch(R)	mg/plt	17,54	1,1089	8,739	0,3726	8,573	8,905	0,9999	10,325	8,143	7,749	0,9291	9,538	8,359	7,823	11,112	7,927	7,676
130	PNaRch(R)	mg/plt	40,23	1,0644	0,167	0,7777	0,177	0,157	0,4897	0,160	0,161	0,180	0,6420	0,159	0,187	0,185	0,161	0,135	0,176
131	PFeRch(R)	mg/plt	30,61	1,4215	1,021	0,3356	1,038	1,005	0,9386	0,931	0,983	1,150	0,1309	0,926	1,025	1,162	0,937	0,941	1,137
132	PMnRch(R)	mg/plt	16,93	0,8365	0,064	0,8980	0,063	0,065	0,9998	0,074	0,058	0,060	0,9556	0,068	0,060	0,061	0,080	0,055	0,060
133	PNiRch(R)	mg/plt	21,21	1,2181	0,087	0,2415	0,088	0,086	0,4727	0,091	0,084	0,085	0,6910	0,086	0,088	0,089	0,095	0,081	0,082
134	PCrRch(R)	mg/plt	24,69	1,0049	0,108	0,3826	0,111	0,106	0,4675	0,104	0,109	0,112	0,7865	0,099	0,113	0,122	0,108	0,105	0,103
135	PCdG(R)	g/plt	25,61	1,3950	1,602	0,6802	1,632	1,553	0,8262	1,469	1,670	1,669	0,0784	1,535	1,730	1,691	1,403	1,610	1,646
136	PSiG(R)	g/plt	22,41	0,7447	0,007	0,9693	0,007	0,006	0,9802	0,006	0,007	0,007	0,0143	0,006	0,008	0,007	0,006	0,007	0,007
137	PNG(R)	g/plt	18,24	0,7570	1,185	0,9234	1,232	1,138	0,9552	1,089	1,231	1,237	0,3215	1,144	1,246	1,306	1,033	1,215	1,167
138	PPG(R)	g/plt	19,72	0,9052	0,231	0,9229	0,241	0,221	0,9612	0,210	0,241	0,242	0,1865	0,221	0,246	0,255	0,199	0,235	0,228
139	PKG(R)	g/plt	18,71	0,8788	0,292	0,9611	0,306	0,278	0,9637	0,267	0,305	0,305	0,0822	0,283	0,316	0,320	0,250	0,295	0,289
140	PCaG(R)	mg/plt	28,61	1,1849	0,698	0,8977	0,738	0,658	0,9713	0,604	0,764	0,727	0,3476	0,641	0,779	0,795	0,567	0,750	0,658
141	PMgG(R)	mg/plt	19,37	0,9213	87,283	0,9292	91,042	83,524	0,9491	79,897	91,208	90,744	0,1707	83,938	93,340	95,848	75,856	89,076	85,640
142	PNaG(R)	mg/plt	25,89	1,3657	0,678	0,3489	0,698	0,658	0,9471	0,604	0,730	0,701	0,4076	0,641	0,710	0,744	0,567	0,750	0,658
143	PCuG(R)	mg/plt	50,20	2,3642	0,076	0,4206	0,080	0,071	0,0556	0,078	0,074	0,076	0,0319	0,084	0,076	0,080	0,072	0,071	0,071
144	PFeG(R)	mg/plt	60,94	1,5157	0,348	0,9808	0,411	0,285	0,2737	0,376	0,330	0,337	0,4316	0,476	0,367	0,389	0,276	0,293	0,285
145	PAIG(R)	mg/plt	490,57	1,4199	0,032	0,7172	0,012	0,052	0,2631	0,011	0,042	0,043	0,3011	0,000	0,035	0,000	0,022	0,049	0,085
146	PMnG(R)	mg/plt	22,99	1,4279	0,343	0,7767	0,354	0,331	0,2675	0,332	0,349	0,347	0,1291	0,343	0,355	0,365	0,322	0,342	0,329
147	PNiG(R)	mg/plt	46,49	2,2096	0,364	0,2058	0,370	0,358	0,9410	0,444	0,340	0,308	0,2642	0,449	0,369	0,292	0,439	0,310	0,325
148	PCdA(R)	g/plt	10,11	0,7665	8,841	0,2824	8,880	80803	0,1678	8,851	8,758	8,915	0,1320	8,943	8,821	8,875	8,759	8,694	8,954
149	PSiA(R)	g/plt	11,64	0,6112	3,537	0,0847	3,532	3,542	0,2148	3,585	3,519	3,507	0,0121	3,588	3,517	3,491	3,582	3,522	3,522
150	PNA(R)	g/plt	10,76	0,5032	1,972	0,8070	2,005	1,938	0,7095	1,923	1,971	2,022	0,1453	1,976	1,992	2,049	1,870	1,951	1,995
151	PPA(R)	g/plt	11,95	0,6045	0,378	0,8181	0,385	0,371	0,7430	0,366	0,379	0,388	0,3315	0,380	0,382	0,394	0,352	0,376	0,383
152	PKA(R)	g/plt	12,43	0,9939	1,642	0,8557	1,678	1,605	0,2896	1,655	1,613	1,657	0,4794	1,725	1,651	1,658	1,595	1,575	1,656
153	PCaA(R)	mg/plt	22,52	1,2586	58,567	0,2906	59,156	57,977	0,9985	50,583	57,888	67,229	0,3023	50,036	57,726	69,705	51,129	58,050	64,753
154	PMgA(R)	mg/plt	10,38	0,6864	402,517	0,1125	401,843	403,191	0,3575	396,489	403,026	408,035	0,0014	395,873	402,016	407,638	397,105	404,036	408,432
155	PNaA(R)	mg/plt	21,03	1,2876	29,714	0,0640	29,656	29,772	0,4258	30,834	29,111	29,198	0,1745	31,387	28,554	29,028	30,281	29,668	29,368
156	PCuA(R)	mg/plt	28,18	2,1575	0,291	0,2093	0,288	0,294	0,9313	0,330	0,275	0,269	0,2146	0,335	0,274	0,255	0,324	0,276	0,282
157	PFeA(R)	mg/plt	35,66	1,2654	41,158	0,4634	40,052	42,263	0,8932	37,057	40,088	46,328	0,0214	36,367	39,045	44,745	37,747	41,131	47,910
158	PAIA(R)	mg/plt	35,92	1,8349	11,345	0,6717	10,862	11,827	0,7175	10,559	11,053	12,422	0,1385	10,383	10,600	11,603	10,734	11,507	13,241
159	PMnA(R)	mg/plt	17,24	1,0743	2,259	0,4926	2,227	2,290	0,9982	2,530	2,069	2,177	0,3088	2,517	2,075	2,090	2,544	2,063	2,264
160	PNiA(R)	mg/plt	22,95	1,0223	1,767	0,9423	1,672	1,862	0,6702	1,835	1,665	1,800	0,4088	1,796	1,606	1,613	1,874	1,724	1,988

**1.5 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire		Gypse			
				4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha		4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha						
161	PCrA(R)	mg/pli	37,68	1,6687	1,091	0,3895	1,065	1,116	0,8929	1,006	1,022	1,243	0,0936	0,954	0,998	1,243	1,059	1,047	1,243
162	PCoA(R)	mg/pli	43,95	1,1435	0,146	0,2051	0,144	0,148	0,0029	0,147	0,146	0,145	0,3478	0,154	0,136	0,143	0,140	0,156	0,148
163	QCdRch(R)	g/m <sup>2</sup>	14,25	0,8076	2,172	0,4973	2,197	2,146	0,7655	2,256	2,160	2,100	0,8107	2,189	2,260	2,142	2,323	2,060	2,057
164	QSiRch(R)	g/m <sup>2</sup>	17,40	1,0178	0,495	0,4950	0,502	0,488	0,3102	0,483	0,504	0,498	0,7270	0,466	0,524	0,516	0,500	0,484	0,480
165	QNRch(R)	g/m <sup>2</sup>	16,65	0,9172	0,500	0,2840	0,497	0,504	0,9940	0,551	0,478	0,471	0,8747	0,518	0,491	0,481	0,584	0,466	0,461
166	QPRch(R)	g/m <sup>2</sup>	24,12	1,1678	0,080	0,0500	0,080	0,080	0,9997	0,097	0,074	0,070	0,08720	0,091	0,079	0,072	0,104	0,069	0,068
167	QKRch(R)	g/m <sup>2</sup>	15,12	0,7799	0,706	0,4036	0,717	0,695	0,7452	0,735	0,697	0,685	0,7646	0,721	0,737	0,693	0,750	0,658	0,677
168	QCaRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	15,44	1,2099	3,788	0,4276	3,828	3,748	0,9842	3,958	3,477	3,928	0,4355	3,870	3,568	4,045	4,046	3,385	3,812
169	QMgRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	17,00	1,0355	55,288	0,4020	54,331	56,245	1,0000	65,622	51,393	48,849	0,9468	60,615	52,816	49,563	70,629	49,971	48,135
170	QNaRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	39,36	1,0221	1,054	0,8148	1,121	0,988	0,4920	1,012	1,014	1,137	0,6286	1,010	1,178	1,175	1,014	0,850	1,099
171	QFeRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	30,10	1,4678	6,455	0,4094	6,582	6,327	0,9346	5,915	6,205	7,245	0,1559	5,880	6,498	7,368	5,950	5,911	7,122
172	QMnRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	16,43	0,8160	0,405	0,4406	0,401	0,410	0,9999	0,471	0,365	0,380	0,9823	0,432	0,383	0,387	0,510	0,347	0,373
173	QNiRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	20,24	1,3162	0,549	0,3313	0,554	0,543	0,6214	0,575	0,532	0,538	0,7500	0,549	0,553	0,561	0,601	0,511	0,516
174	QCrRch(R)	mg/m <sup>2</sup>	23,39	0,9930	0,684	0,6810	0,703	0,665	0,4510	0,657	0,686	0,709	0,8372	0,627	0,714	0,769	0,688	0,659	0,648
175	QCdG(R)	g/m <sup>2</sup>	26,11	1,5705	10,125	0,6951	10,454	9,797	0,7756	9,336	10,552	10,487	0,0528	9,757	10,932	6,672	8,915	10,172	10,302
176	QSiG(R)	g/m <sup>2</sup>	21,94	0,8017	0,043	0,9743	0,046	0,040	0,9764	0,038	0,046	0,044	0,0213	0,041	0,049	0,047	0,036	0,044	0,041
177	QNG(r)	g/m <sup>2</sup>	18,43	0,8040	7,491	0,9303	7,799	7,183	0,9320	6,922	7,770	7,781	0,3348	7,272	7,877	8,248	6,571	7,663	7,314
178	QPG(R)	g/m <sup>2</sup>	19,79	0,9232	1,459	0,9321	1,523	1,394	0,9444	1,335	1,519	1,522	0,2065	1,403	1,554	1,613	1,266	1,485	1,430
179	QKG(R)	g/m <sup>2</sup>	18,68	0,8819	1,847	0,9675	1,940	1,7585	0,9494	1,696	1,928	1,917	0,0871	1,801	1,996	2,022	1,592	1,861	1,812
180	QCaG(R)	mg/m <sup>2</sup>	27,96	1,2303	4,410	0,9095	4,665	4,154	0,9681	3,841	4,818	4,570	0,3911	4,073	4,905	5,017	3,608	4,731	4,123
181	QMgG(R)	mg/m <sup>2</sup>	19,38	0,9260	551,758	0,9386	576,442	527,076	0,9287	508,208	576,008	571,060	0,1923	533,716	590,108	605,501	482,699	561,909	536,618
182	QNaG(R)	mg/m <sup>2</sup>	25,58	1,2854	4,287	0,6838	4,420	4,154	0,9380	3,841	4,609	4,412	0,3920	4,073	4,488	4,700	3,608	4,731	4,4123
183	QCuG(R)	mg/m <sup>2</sup>	50,29	2,3805	0,480	0,4039	0,508	0,451	0,0752	0,497	0,466	0,476	0,0332	0,5032	0,482	0,509	0,462	0,450	0,442
184	QFeG(R)	mg/m <sup>2</sup>	63,22	1,5364	2,205	0,9796	2,615	1,796	0,3011	2,405	2,094	2,117	0,4235	3,055	2,326	2,463	1,755	1,861	1,771
185	QMnG(R)	mg/m <sup>2</sup>	23,50	1,5569	2,166	0,7864	2,243	2,090	0,1817	2,113	2,202	2,185	0,1419	2,179	2,244	2,306	2,047	2,159	2,063
186	QNiG(R)	mg/m <sup>2</sup>	47,15	2,3591	2,295	0,2103	2,334	2,256	0,9527	2,821	2,132	1,933	0,2386	2,856	2,309	1,838	2,786	1,954	2,028
187	QCdA(R)	g/m <sup>2</sup>	11,37	0,9750	55,945	0,3541	56,299	55,590	0,1481	56,371	55,362	56,102	0,0461	56,971	55,779	56,148	55,771	54,944	56,056
188	QSiA(R)	g/m <sup>2</sup>	12,63	0,6750	22,386	0,0315	22,399	22,373	0,3747	22,842	22,242	22,074	0,0023	22,880	22,224	22,092	22,804	22,260	22,055
189	QNA(R)	g/m <sup>2</sup>	11,36	0,5836	12,466	0,8238	12,698	12,233	0,4965	12,230	12,443	12,724	0,1112	12,566	12,581	12,947	11,894	12,305	12,501

**1.6 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE Sigle    Unité		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha
190	QPA(R)	g/m <sup>2</sup>	12,91	0,7239	2,390	0,8228	2,440	2,339	0,4480	2,331	2,392	2,446	0,2725	2,421	2,410	2,490	2,241	2,373	2,403
191	QKA(R)	g/m <sup>2</sup>	13,59	1,2330	10,387	0,8577	10,640	10,135	0,2907	10,536	10,199	10,428	0,3410	10,979	10,448	10,492	10,092	9,949	10,365
192	QCaA(R)	mg/m <sup>2</sup>	22,96	1,2546	370,557	0,3370	375,044	366,070	0,9974	322,953	365,722	422,997	0,3592	319,671	364,371	441,091	326,235	367,074	404,903
193	QMgA(R)	g/m <sup>2</sup>	10,96	0,6876	2546,43	0,0181	2547,09	2545,77	0,1310	2525,55	2545,38	2568,35	0,0240	2522,65	2539,34	2579,28	2528,45	2551,43	2557,43
194	QNaA(R)	mg/m <sup>2</sup>	20,56	1,2575	187,901	0,0074	187,885	187,917	0,4505	196,238	183,862	183,603	0,2031	200,061	180,079	183,515	192,415	187,645	183,692
195	QCuA(R)	mg/m <sup>2</sup>	28,94	2,2738	1,843	0,1638	1,829	1,858	0,9451	2,102	1,739	1,689	0,1713	2,138	1,734	1,614	2,066	1,744	1,764
196	QFeA(R)	mg/m <sup>2</sup>	37,02	1,2612	261,038	0,3963	254,934	267,142	0,8476	236,584	254,487	292,042	0,0061	231,944	248,648	284,210	241,224	260,327	299,874
197	QAIA(R)	mg/m <sup>2</sup>	37,03	1,7671	71,952	0,3855	69,144	74,759	0,6311	67,504	70,138	78,213	0,0964	66,348	67,480	73,605	68,661	72,796	82,821
198	QMnA(R)	mg/m <sup>2</sup>	18,83	1,2135	14,303	0,3871	14,137	14,468	0,9976	16,119	13,075	13,714	0,2318	16,060	13,126	13,224	16,178	13,023	14,204
199	QNiA(R)	mg/m <sup>2</sup>	24,12	1,0667	11,204	0,9103	10,642	11,765	0,6553	11,716	10,566	11,329	0,4877	11,465	10,223	10,237	11,967	10,908	12,421
200	QCrA(R)	mg/m <sup>2</sup>	38,89	1,5645	6,901	0,3518	6,753	7,050	0,8573	6,407	6,471	7,825	0,1080	6,072	6,325	7,861	6,743	6,617	7,790
201	QCoA(R)	mg/m <sup>2</sup>	45,12	1,2061	0,926	0,1242	0,918	0,933	0,0097	0,934	0,926	0,917	0,3439	0,983	0,861	0,910	0,886	0,990	0,923
202	Mg/CaRch(R)	-	18,38	5,0974	24,403	0,7082	23,826	24,979	0,9999	27,493	24,925	20,790	0,4928	26,109	25,101	20,270	28,877	24,750	21,310
203	Mg/CaG(R)	-	11,21	1,1853	211,555	0,4329	209,894	213,217	0,7979	218,625	206,181	209,859	0,3722	218,075	207,212	204,394	219,175	205,150	215,325
204	Mg/CaAT(R)	-	21,11	2,1725	11,854	0,3628	11,685	12,023	0,9969	13,499	11,728	10,336	0,2806	13,573	11,720	9,762	13,424	11,736	10,909
210	K/BasRch(R)	%	3,18	0,9683	79,156	0,8782	79,631	78,682	0,9995	77,060	79,959	80,451	0,4228	78,035	80,408	80,449	76,085	79,509	80,452
211	Ca/BasRch(R)	%	17,07	1,9779	0,835	0,1342	0,838	0,833	0,9596	0,813	0,793	0,899	0,3244	0,822	0,775	0,917	0,805	0,811	0,882
212	Mg/BasRch(R)	%	12,77	1,0325	19,807	0,8854	19,320	20,294	0,9996	21,949	19,052	18,420	0,4332	20,961	18,599	18,400	22,936	19,506	18,441
213	Na/BasRch(R)	%	36,18	1,810	0,201	0,7430	0,211	0,191	0,9342	0,178	0,196	0,229	0,3544	0,182	0,217	0,234	0,174	0,174	0,225
219	K/BasG(R)	%	2,09	1,6577	50,736	0,3583	50,854	50,618	0,2449	50,663	50,674	50,870	0,6734	50,834	50,997	50,731	50,493	50,350	51,009
220	Ca/BasG(R)	%	19,11	1,1514	0,236	0,3673	0,239	0,233	0,7477	0,224	0,246	0,237	0,4840	0,224	0,243	0,249	0,224	0,250	0,226
221	Mg/BasG(R)	%	2,22	1,7803	48,828	0,3714	48,710	48,946	0,2413	48,917	48,873	48,694	0,6163	48,747	48,563	48,820	49,087	49,182	48,568
222	Na/BasG(R)	%	12,62	0,9966	0,200	0,7913	0,197	0,203	0,7079	0,195	0,207	0,199	0,7894	0,195	0,196	0,200	0,196	0,218	0,197
227	PBasAT(R)	mé/plt	9,72	0,6701	79,330	0,3366	80,228	78,433	0,3698	78,827	78,581	80,584	0,2278	80,561	79,427	80,696	77,093	77,734	80,471
228	QBasAT(R)	mé/m <sup>2</sup>	10,77	0,7946	501,937	0,6954	508,662	495,211	0,2018	501,995	496,608	507,207	0,1198	513,096	502,263	510,628	480,894	490,953	503,785
230	NGP(R)	nbr/plt	19,25	0,9188	258,191	0,9663	271,392	244,991	0,9804	232,665	269,042	272,868	0,0888	248,669	278,928	286,578	216,661	259,155	259,157
231	NGE(R)	nbr/épi	18,99	1,2443	261,028	0,9213	271,927	230,329	0,9956	229,492	275,163	278,428	0,2672	245,761	279,974	289,447	213,224	270,553	269,409
232	PGE(UR)	g/épi	13,46	1,4580	73,028	0,4215	73,989	72,067	0,9983	66,568	73,831	78,687	0,8048	70,593	72,996	78,379	62,542	74,666	78,995
233	QNG	g/m <sup>2</sup>	15,55	1,0357	6,635	0,7767	6,787	6,483	0,9950	6,026	6,750	7,128	0,4651	6,391	6,755	7,214	5,661	6,745	7,042
234	QPG	g/m <sup>2</sup>	16,72	1,3995	1,290	0,8094	1,324	1,256	0,9961	1,159	1,315	1,397	0,4120	1,231	1,328	1,415	1,087	1,302	1,379
235	QKG	g/m <sup>2</sup>	16,44	1,3450	1,637	0,8897	1,689	1,584	0,9951	1,477	1,669	1,764	0,4716	1,584	1,706	1,777	1,370	1,632	1,751

**1.7 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

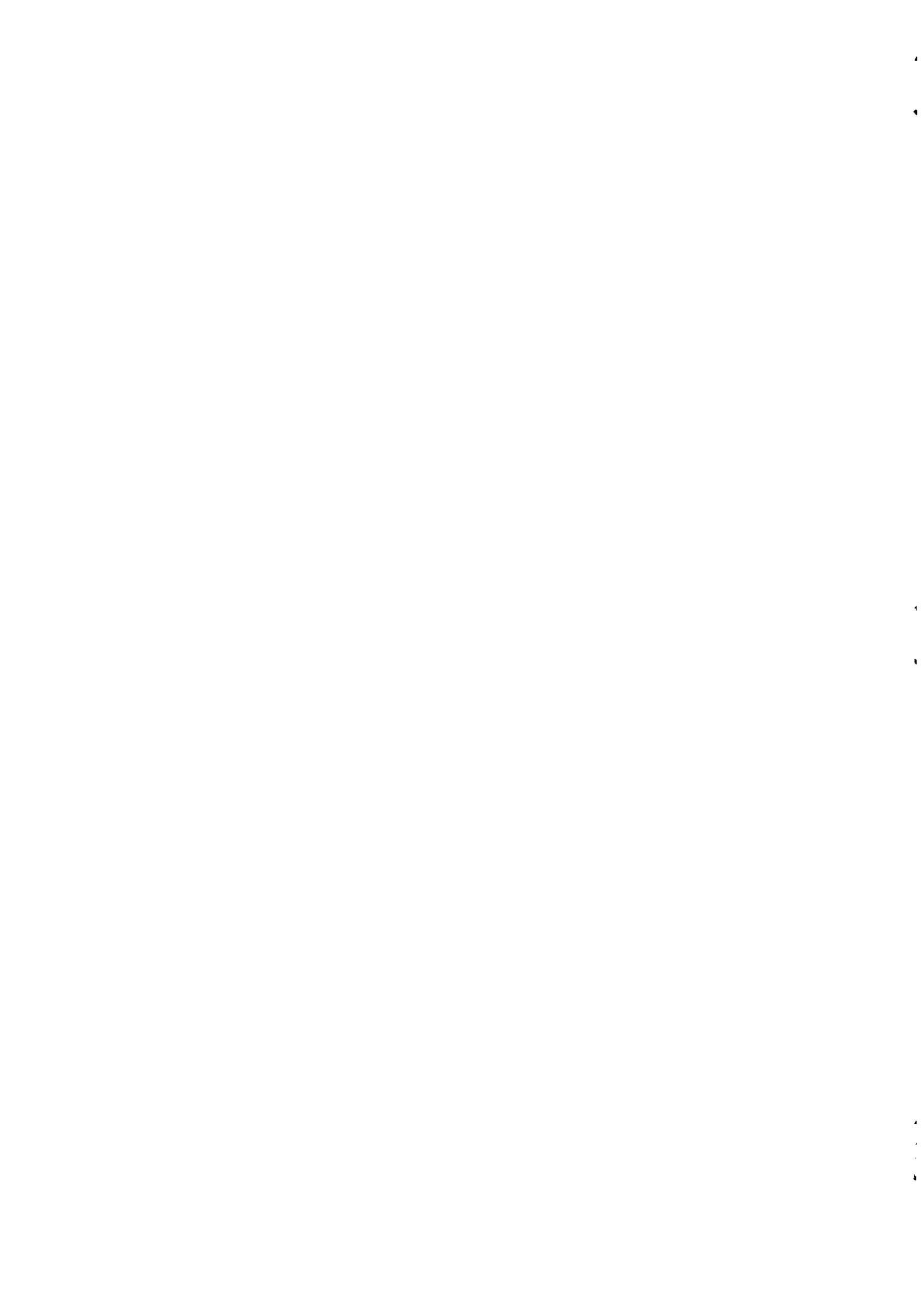
N°	PARAMETRE Sigle    Unité		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse		
									4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha		4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	
236	QMgG	g/m <sup>2</sup>	16,36	1,3355	0,488	0,8332	0,501	0,475	0,9944	0,441	0,499	0,524	0,4321	0,469	0,505	0,530	0,413	0,493	0,518
237	QG84-87	g/m <sup>2</sup>	4,96	1,1064	2569,40	0,3317	2562,79	2576,00	1,0000	2365,82	2651,92	2690,46	0,8950	2399,07	2647,94	2641,38	2332,58	2655,90	2739,54
238	QNG84-87	g/m <sup>2</sup>	4,77	0,7466	42,813	0,7811	42,509	43,118	1,0000	39,956	44,170	44,314	0,9046	40,301	43,918	43,309	39,611	44,423	45,319
239	QPG84-87	g/m <sup>2</sup>	5,98	1,1275	7,811	0,4773	7,775	7,848	1,0000	7,193	8,112	8,129	0,4815	7,224	8,095	8,006	7,162	8,129	8,253
240	QKG84-87	g/m <sup>2</sup>	5,33	1,0324	10,227	0,4503	10,188	10,267	1,0000	9,588	10,549	10,545	0,8126	9,685	10,534	10,344	9,492	10,565	10,745
241	QMgG84-87	g/m <sup>2</sup>	5,90	1,3823	3,416	0,0169	3,415	3,416	1,0000	3,152	3,554	3,541	0,3818	3,174	3,564	3,508	3,130	3,544	3,574
242	EQG	g/m <sup>2</sup>	4,93	1,1147	2944,00	0,1846	2947,92	2940,08	1,0000	2700,41	3036,23	3095,36	0,9197	2757,29	3033,49	3052,99	2643,54	3038,97	3137,73
243	EQNG	g/m <sup>2</sup>	4,71	0,7236	49,448	0,4080	49,296	49,600	1,0000	45,982	50,920	51,442	0,9267	46,692	50,673	50,523	45,272	51,168	52,361
244	EQPG	g/m <sup>2</sup>	5,83	1,1375	9,102	0,0284	9,099	9,104	1,0000	8,352	9,427	9,526	0,4130	8,455	9,423	9,420	8,249	9,430	9,632
245	EQKG	g/m <sup>2</sup>	4,95	0,9905	11,864	0,1504	11,877	11,851	1,0000	11,065	12,218	12,309	0,9066	11,269	12,240	12,122	10,862	12,196	12,496
246	EQMgG	g/m <sup>2</sup>	5,56	1,3137	3,904	0,3772	3,917	3,891	1,0000	3,593	4,053	4,065	0,4845	3,643	4,069	4,038	3,543	4,037	4,092
247	EQNG/EQNFu	%	4,71	0,7236	35,806	0,4080	35,696	35,916	1,0000	33,296	36,872	37,250	0,9267	33,810	36,693	36,585	32,782	37,051	37,915
248	EQPG/EQPFu	%	5,83	1,1375	18,618	0,0284	18,613	18,622	1,0000	17,085	19,283	19,486	0,4130	17,296	19,275	19,269	16,874	19,290	19,702
249	EQKG/EQKFu	%	4,95	0,9905	21,826	0,1504	21,850	21,803	1,0000	20,357	22,478	22,645	0,9066	20,731	22,518	22,301	19,983	22,437	22,989
250	pHean(0-20)(A)	-	3,22	3,5878	7,224	0,2471	7,234	7,215	0,7409	7,163	7,283	7,227	0,4674	7,125	7,308	7,267	7,200	7,258	7,187
251	K1/2(0-20)(A)	mé%	32,12	0,8983	0,012	0,9229	0,011	0,013	0,9977	0,011	0,010	0,015	0,8374	0,011	0,010	0,013	0,011	0,011	0,017
252	Ca1/2(0-20)(A)	mé%	17,18	1,5000	0,059	0,1864	0,059	0,059	1,0000	0,045	0,058	0,075	0,6844	0,045	0,061	0,073	0,044	0,056	0,077
253	Mg1/2(0-20)(A)	mé%	15,05	2,9552	0,284	0,1220	0,285	0,284	0,8554	0,273	0,280	0,300	0,3496	0,271	0,288	0,297	0,276	0,272	0,303
254	Na1/2(0-20)(A)	mé%	78,05	0,9776	0,105	0,7239	0,116	0,094	0,7782	0,130	0,097	0,090	0,8230	0,167	0,091	0,091	0,093	0,102	0,088
255	Cl1/2(0-20)(A)	mé%	34,85	2,6657	0,046	0,2951	0,047	0,046	0,9744	0,054	0,046	0,039	0,1758	0,057	0,045	0,040	0,052	0,047	0,038
256	SO41/2(0-20)(A)	mé%	17,19	0,0813	0,013	1,0000	0,010	0,015	1,0000	0,010	0,010	0,018	1,0000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,026
257	Hum(0-20)(B)	%	14,09	1,414	8,985	0,8044	8,786	9,183	0,4698	8,992	9,192	8,771	0,9062	9,150	9,100	8,108	8,833	9,283	9,433
258	A(0-20)(B)	%	7,34	5,69	49,99	0,3066	49,415	49,760	0,2726	49,206	49,508	50,048	0,7925	49,937	49,425	48,883	48,475	49,592	51,212
259	LF(0-20)(B)	%	7,45	2,41	16,22	0,0376	16,231	16,215	0,03106	16,406	16,052	16,210	0,1943	16,433	16,183	16,075	16,379	16,921	16,346
260	LG(0-20)(B)	%	4,95	1,6921	8,765	0,3739	8,739	8,790	0,8023	8,833	8,831	8,629	0,9778	9,004	8,792	8,421	8,663	8,871	8,837
261	SF(0-20)(B)	%	8,86	2,2758	14,659	0,0177	14,656	11,663	0,4196	14,665	14,890	14,423	0,1121	14,700	14,765	14,450	14,579	15,012	14,396
262	SG(0-20)(B)	%	64,27	5,6188	7,140	0,3123	7,363	6,918	0,0117	7,163	7,233	7,025	0,8275	6,154	7,375	8,558	8,171	7,092	5,492
263	MO(0-20)(B)	%	6,11	2,7189	4,339	0,4447	4,367	4,311	0,8653	4,442	4,288	4,287	0,2758	4,483	4,275	4,342	4,400	4,300	4,233
264	LF/A(0-20)(B)	-	11,16	1,2857	3,167	0,8051	3,22	3,311	0,2753	3,208	3,125	3,167	0,8542	3,167	3,167	3,333	3,250	3,083	3,000
265	pF2,5(0-20)(B)	%	7,95	6,3677	47,353	0,1607	47,439	47,267	0,0865	47,100	47,542	47,417	0,9023	48,267	47,817	46,233	45,933	47,267	48,600
266	pF3(0-20)(B)	%	7,30	8,5152	39,739	0,0488	39,719	39,758	0,0675	39,592	39,737	39,887	0,9227	40,467	39,775	38,917	38,717	39,700	40,858

**1.8 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES													
						Nature de l'amendement			Doses de CaO			Interaction nature x dose							
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Calcaire		Gypse				
Unité	%	%	%	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha					
267	pF4,2(0-20)(B)	%	12,74	1,3055	29,367	0,7142	28,883	29,850	0,4894	28,692	30,013	29,396	0,7589	29,192	28,633	28,825	28,192	31,392	29,964
268	pH eau(0-20)(B)	-	2,71	1,6667	6,296	0,4628	6,311	6,281	1,0000	6,037	6,333	6,517	0,0322	6,058	6,350	6,525	6,017	6,317	6,508
269	pHKCl(0-20)(B)	-	2,62	1,0358	5,299	0,7842	5,319	5,278	1,0000	5,067	5,325	5,504	0,1738	5,075	5,358	5,525	5,058	5,292	5,483
270	CT(0-20)(B)	%o	6,11	2,5966	25,189	0,4017	25,367	25,011	0,7899	25,717	24,908	24,942	0,1602	25,917	24,925	25,258	25,517	24,892	24,625
271	NT(0-20)(B)	%o	6,42	4,2951	1,997	0,8837	2,022	1,972	0,9735	2,060	1,962	1,969	0,1307	2,093	1,976	1,997	2,026	1,948	1,941
272	C/N(0-20)(B)	-	3,49	1,7450	12,629	0,7969	12,561	12,697	0,7682	12,500	12,708	12,679	0,2091	12,392	12,633	12,658	12,608	12,783	12,700
273	CaE(0-20)(B)	mé%	6,44	0,6160	9,872	0,8953	9,746	9,998	1,0000	7,849	9,879	11,887	0,9907	8,077	9,657	11,502	7,621	10,101	12,272
274	MgE(0-20)(B)	mé%	8,36	4,7584	39,398	0,1756	39,312	39,485	0,6227	39,935	39,646	38,614	0,7233	40,467	39,842	36,627	39,404	39,449	39,602
275	KE(0-20)(B)	mé%	14,26	0,6187	0,431	0,2671	0,434	0,429	0,1347	0,431	0,426	0,436	0,8776	0,445	0,407	0,449	0,417	0,446	0,422
276	NaE(0-20)(B)	mé%	13,80	2,0108	0,215	0,4095	0,217	0,213	0,9967	0,235	0,206	0,205	0,2813	0,239	0,209	0,203	0,230	0,202	0,207
277	S(0-20)(B)	mé%	7,21	7,0448	49,916	0,3774	49,708	50,124	0,9653	48,450	50,157	51,142	0,8860	49,228	50,116	49,781	47,673	50,198	52,502
278	CEC(0-20)(B)	mé%	6,32	4,9604	52,694	0,1835	52,603	52,785	0,2182	52,437	52,552	53,092	0,8393	53,304	52,467	52,038	51,571	52,638	54,146
279	S/T(0-20)(B)	%	2,22	3,3689	94,660	0,4307	94,442	94,878	1,0000	92,278	95,421	96,281	0,4819	92,265	95,466	95,594	92,292	95,375	96,968
280	Cond(0-20)(B)	µs/cm	16,10	1,3401	174,972	0,1100	175,417	174,528	0,9486	165,042	173,667	186,208	0,6278	161,667	171,167	193,417	168,417	176,167	179,000
281	pH(0-20)(B)	-	3,90	1,3662	6,889	0,2742	6,900	6,878	0,7752	6,825	6,879	6,962	0,4798	6,883	6,892	6,925	6,766	6,867	7,000
282	Cl(0-20)(B)	µé%	29,23	2,0640	55,139	0,4360	56,667	53,611	0,3991	58,750	52,500	54,167	0,1766	61,667	52,500	55,833	55,833	52,500	52,500
283	SO4(0-20)(B)	µé%	32,68	1,9544	70,833	0,4454	72,500	69,167	0,0892	70,000	72,5	70,000	0,3223	74,167	70,833	72,50	65,833	74,167	67,500
284	Σ(0-20)(B)	µé%	28,36	1,8840	125,972	0,4630	129,167	122,778	0,1059	128,750	125,000	124,167	0,3021	135,833	123,333	128,333	121,667	126,667	120,000
285	Ca <sup>++</sup> (0-20)(B)	µé%	21,08	1,9164	66,667	0,4835	65,556	67,778	1,0000	53,333	64,583	82,083	0,4816	52,500	60,833	83,333	54,167	68,333	80,833
286	Mg <sup>++</sup> (0-20)(B)	µé%	18,70	3,4564	350,972	0,3825	346,667	355,278	0,2840	350,833	342,500	359,583	0,3350	350,000	327,500	362,500	351,667	357,500	356,667
287	K <sup>+</sup> (0-20)(B)	µé%	129,99	0,5823	3,889	0,8256	3,056	4,722	0,4375	3,333	3,333	5,000	0,4641	2,500	1,667	5,000	4,167	5,000	5,000
288	Na <sup>+</sup> (0-20)(B)	µé%	36,41	12,1344	88,056	0,1331	88,611	87,500	0,06303	95,000	85,000	84,167	0,4307	101,667	84,167	80,000	88,333	85,833	88,333
289	Σ <sup>+</sup> (0-20)(B)	µé%	14,90	2,6952	509,583	0,4144	503,889	515,278	0,6663	502,500	495,417	530,833	0,4402	506,667	474,167	530,833	498,333	516,667	530,833
290	CaT(0-20)(B)	mé%	7,51	0,8209	14,863	0,1474	14,839	14,887	1,0000	12,103	15,131	17,355	0,9179	12,509	14,980	17,029	11,697	15,283	17,682
291	MgT(0-20)(B)	mé%	7,39	3,1475	118,554	0,4925	117,751	119,358	0,9745	117,082	123,030	115,550	0,2923	116,537	123,256	113,459	117,627	122,805	117,642
292	KT(0-20)(B)	mé%	10,06	1,2699	1,297	0,6832	1,282	1,313	0,4386	1,272	1,322	1,299	0,1307	1,268	1,303	1,275	1,277	1,341	1,322
293	NaT(0-20)(B)	mé%	24,50	1,0319	0,456	0,4256	0,448	0,463	0,3556	0,465	0,464	0,438	0,9018	0,445	0,498	0,402	0,486	0,430	0,474
294	ΣBT(0-20)(B)	mé%	6,93	3,5109	135,171	0,4882	134,320	136,021	0,9865	130,922	139,947	134,643	0,3631	130,758	140,036	132,165	131,086	139,858	137,120
295	P2O5T(0-20)(B)	%o	7,79	0,9658	0,738	0,3919	0,732	0,744	0,4597	0,749	0,735	0,728	0,0544	0,740	0,731	0,724	0,758	0,740	0,733
296	P2O5AS(0-20)(B)	%o	24,42	1,2351	0,059	0,4313	0,058	0,061	0,7344	0,059	0,063	0,056	0,2086	0,058	0,060	0,056	0,060	0,066	0,056
297	Fe2O3(0-20)(B)	%	5,44	4,6289	16,473	0,3794	16,569	16,378	0,9502	16,659	16,080	16,682	0,4960	16,577	16,234	16,897	16,741	15,926	16,467
298	MnO2(0-20)(B)	%	16,39	4,7284	0,320	0,3988	0,323	0,316	0,4969	0,322	0,310	0,327	0,4804	0,335	0,313	0,321	0,310	0,306	0,333

**1.9 - INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFERENTS  
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNESIEN : CYCLE 1988**

N°	PARAMETRE		CV %	$\chi^2$ des V.R.	$\bar{X}$ -	INFLUENCE DES FACTEURS CONTROLES														
	Sigle	Unité				Nature de l'amendement			Doses de CaO						Interaction nature x dose					
						Pté F	Calcaire	Gypse	Pté F	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	Pté F	Calcaire			Gypse			
														4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	4 t/ha	8 t/ha	12 t/ha	
299	NiO(0-20)(B)	%	4,67	4,7406	0,380	0,1092	0,380	0,381	0,0558	0,381	0,380	0,380	0,9394	0,382	0,386	0,373	0,381	0,374	0,387	
300	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (0-20)(B)	%	15,50	4,5268	1,372	0,7710	1,341	1,403	0,4226	1,337	1,418	1,361	0,3041	1,337	1,374	1,312	1,337	1,461	1,410	
301	CoO(0-20)(B)	%	5,45	1,5455	0,040	0,4005	0,040	0,040	0,2481	0,040	0,040	0,040	0,2480	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	
302	Mg/CaAT(R)	-	21,11	2,1725	11,854	0,3628	11,685	12,023	0,9969	13,498	11,728	10,335	0,2806	13,573	11,720	9,762	13,424	11,735	10,909	
303	K/BasAT(R)	%	6,06	2,2190	52,962	0,8279	53,580	52,345	0,4790	53,741	52,592	52,554	0,4151	54,913	53,250	52,576	52,570	51,933	52,532	
304	PA(R)	g/plt	9,94	0,7210	159,239	0,9307	162,780	155,698	0,4632	155,884	160,887	160,946	0,2272	160,393	162,506	165,439	151,374	159,267	156,453	
305	PAT(R)	g/plt	9,87	0,6763	171,890	0,9310	175,688	168,092	0,4855	168,556	173,618	173,496	0,2077	173,026	175,491	178,546	164,085	171,745	168,447	
306	QA(R)	g/m <sup>2</sup>	10,61	0,8235	1007,093	0,9364	1031,53	982,65	0,2973	991,97	1016,24	1013,06	0,2276	1020,43	1027,99	1046,18	963,51	104,50	979,95	
307	QAT(R)	g/m <sup>2</sup>	10,51	0,7781	1087,06	0,9372	1113,28	1060,83	0,2537	1072,49	1096,61	1090,08	0,2222	1100,70	1110,12	1129,03	1044,27	1083,11	1055,12	
308	QNG/QNPu84-87	%	4,77	0,7466	37,854	0,7811	37,585	38,124	1,0000	35,328	39,054	39,181	0,9046	35,633	38,831	38,293	35,023	39,278	40,070	
309	QPG/QPPu84-87	%	5,98	1,1275	22,176	0,4773	22,072	22,279	1,0000	20,421	23,029	23,078	0,4815	20,509	22,981	22,727	20,332	23,076	23,428	
310	QKG/QKPu84-87	%	5,33	1,0324	34,716	0,4503	34,581	34,851	1,0000	32,547	35,809	35,793	0,8126	32,874	35,757	35,114	32,220	35,861	36,473	
311	MgE/CaE(0-20)	-	8,64	0,8888	4,116	0,3972	4,189	4,143	1,0000	5,147	4,054	3,297	0,8364	5,063	4,176	3,328	5,231	3,932	3,266	
318	CaE(20-40)	mé%	13,72	1,0512	6,967	0,3522	7,074	6,859	1,0000	6,010	6,845	8,045	0,1821	6,018	6,983	8,222	6,002	6,707	7,868	
319	MgE(20-40)	mé%	10,29	5,4560	43,654	0,0939	43,593	43,714	0,0238	43,820	43,584	43,557	0,7467	44,878	43,507	42,393	42,762	43,660	44,721	
346	Mg/Ca(20-40)	-	19,20	1,9999	6,482	0,1754	6,450	6,514	0,9996	7,413	6,461	5,572	0,4240	7,594	6,379	5,378	7,232	6,543	5,767	



**Annexe 3.2**

**Influence de l'apport complémentaire de gypse  
et de ses interactions avec les facteurs principaux**



**2. 1 - INFLUENCE DU FACTEUR SUBSIDIAIRE "S" ET INTERACTIONS DE CE FACTEUR  
AVEC LES FACTEURS AMENDEMENT "A" ET DOSE "D"**

PARAMETRE			FACTEURS CONTROLES (suite 1)													
			"Subsidiaire"			"Amendement" x "Subsidiaire"						"Dose" x "Subsidiaire"				
			Pté	S1	S2	Pté	A1		A2		Pté	D1		D2		D3
S1	S2	S1					S2	S1	S2	S1		S2	S1	S2		
N°	Sigle	Unité														
35	QG	g/m <sup>2</sup>	0,9589	360,698	388,503											
46	TCuTF(R)	ppm								0,9900	2,750	2,500	2,083	2,333	2,417	1,833
62	PCuTF(R)	mg/plt								0,9734	0,266	0,237	0,188	0,214	0,215	0,172
77	QCuTF(R)	mg/m <sup>2</sup>								0,9732	1,706	1,504	1,192	1,354	1,346	1,081
84	Mg/CaTF(R)	-	0,9866	9,649	8,824											
91	Ca/BasTF(R)	%	0,9754	4,489	4,873											
115	TMgRCH(R)	%o	0,9532	0,720	0,670	0,9664	0,720	0,616	0,721	0,724						
116	TNaRCH(R)	%o									0,9573	0,013	0,013	0,011	0,014	0,017
156	PCuAT(R)	mg/plt									0,9670	0,342	0,317	0,255	0,295	0,293
169	QMgRCH(R)	mg/m <sup>2</sup>				0,9867	57,881	50,782	53,760	58,730						
195	QCuA(R)	mg/m <sup>2</sup>									0,9674	2,193	2,010	1,611	1,867	1,836
202	Mg/CaRCH(R)	-									0,9942	28,112	26,874	24,606	25,245	22,582
204	Mg/CaA(R)	-	0,9659	12,304	11,404											
210	K/BasRCH(R)	%				0,9640	78,373	80,888	78,763	78,601						
212	Mg/BasRCH(R)	%				0,9700	20,591	18,049	20,210	20,379						
213	Na/BasRCH(R)	%									0,9793	0,176	0,180	0,168	0,223	0,264
219	K/BasG(R)	%				0,9800	50,651	51,057	50,901	50,335						
221	Mg/BasG(R)	%				0,9849	48,926	48,495	48,656	49,235						
229	Conduc.(0-20)	µs	0,9889	151,453	160,003											
231	NGE(R)	nbr/épi				0,9659	251,922	291,533	254,058	246,599						
237	QG 84-87	g/m <sup>2</sup>									0,9673	2223,18	2508,46	2574,48	2729,35	2645,52
239	QPG 84-87	g/m <sup>2</sup>	0,9999	7,539	8,084						0,9587	6,740	7,646	7,856	8,368	8,021
240	QKG 84-87	g/m <sup>2</sup>	0,9999	9,897	10,558						0,9621	9,054	10,122	10,199	10,900	10,438
241	QMgG 84-87	g/m <sup>2</sup>	0,9999	3,302	3,529						0,9732	2,963	3,341	3,445	3,662	3,497
242	ΣQG	g/m <sup>2</sup>	1,0000	2841,76	3046,24						0,9597	2537,23	2863,60	2951,60	3120,85	3036,45
244	ΣQPG	g/m <sup>2</sup>	0,9999	8,787	9,416						0,9500	7,837	8,867	9,140	9,714	9,386

Pour mémoire, les niveaux des facteurs contrôlés sont les suivants :

- facteur "amendement" : A1 = calcaire pure ; A2 = calcaire + gypse, le gypse apportant 10% de la chaux ;
- facteur "dose" de chaux : D1 = 4 t/ha ; D2 = 8t/ha ; D3 = 12 t/ha (apportées avant le premier cycle, en 1984) ;
- facteur subsidiaire : S1 = aucun apport complémentaire de chaux ; S2 = apport de 2 t/ha de chaux sous forme de gypse, 2 ans après l'apport initial, avant le troisième cycle.

**2. 2 - INFLUENCE DU FACTEUR SUBSIDIAIRE "S" ET INTERACTIONS DE CE FACTEUR  
AVEC LES FACTEURS AMENDEMENT "A" ET DOSE "D"**

PARAMETRE			FACTEURS CONTROLES (suite 1)														
			"Subsidiaire"			"Amendement" x "Subsidiaire"						"Dose" x "Subsidiaire"					
			Pté	S1	S2	Pté	A1		A2		Pté	D1		D2		D3	
S1	S2	S1					S2	S1	S2	S1		S2	S1	S2			
245	ΣQKG	g/m <sup>2</sup>	0,9999	11,484	12,244						0,9560	10,458	11,672	11,833	12,603	12,161	12,457
246	ΣQMgG	g/m <sup>2</sup>	0,9999	3,774	4,033						0,9746	3,379	3,807	3,932	4,173	4,012	4,118
248	ΣQPG/ΣQPFu	%	0,9999	17,975	19,260						0,9500	16,031	18,138	18,695	19,870	19,199	19,773
249	ΣQKG/ΣQKFu	%	0,9999	21,127	22,526						0,9560	19,240	21,474	21,769	23,186	22,373	22,917
250	pH-Eau(0-20)	-				0,9979	7,159	7,308	7,245	7,185							
251	K1/2(0-20)	mé%	0,9712	0,011	0,013												
252	Ca1/2(0-20)	mé%	0,9996	0,055	0,064												
256	SO41/2(0-20)	mé%									0,9673	0,010	0,010	0,010	0,010	0,013	0,023
274	MgE(0-20)	mé%	0,9971	40,010	38,787												
279	S/T(0-20)	%				0,9648	94,069	94,815	95,109	94,648							
283	SO4 <sup>-</sup> (0-20)	μé%	0,9570	66,667	75,000												
285	Ca <sup>++</sup> (0-20)	μé%	0,9995	61,389	71,944												
286	Mg <sup>++</sup> (0-20)	μé%									0,9771	365,833	335,833	350,000	335,000	345,000	374,167
289	Σ <sup>+</sup> (0-20)	μé%									0,9898	517,5	487,500	500,833	490,000	502,500	559,167
296	P <sup>2</sup> O <sup>5</sup> AS(0-20)	%o									0,9529	0,065	0,053	0,059	0,067	0,056	0,056
302	Mg/CaAT(R)	-	0,9659	12,304	11,404												
308	QNG/QNFu8487	%	0,9993	36,814	38,895												
309	QPG/QPFu84-87	%	0,9999	21,402	22,949						0,9587	19,134	21,708	22,302	23,755	22,771	23,384
310	QKG/QKFu84-87	%	0,9999	33,595	35,838						0,9621	30,733	34,360	34,620	36,998	35,431	36,155
311	MgE/Cae(0-20)	-	1,0000	4,544	3,788												
318	CaE(20-40)	mé%	0,9991	6,520	7,14												
319	MgE(20-40)	mé%	0,9542	44,131	43,177												
346	Mg/CaE(20-40)	-	0,9995	6,937	6,028												

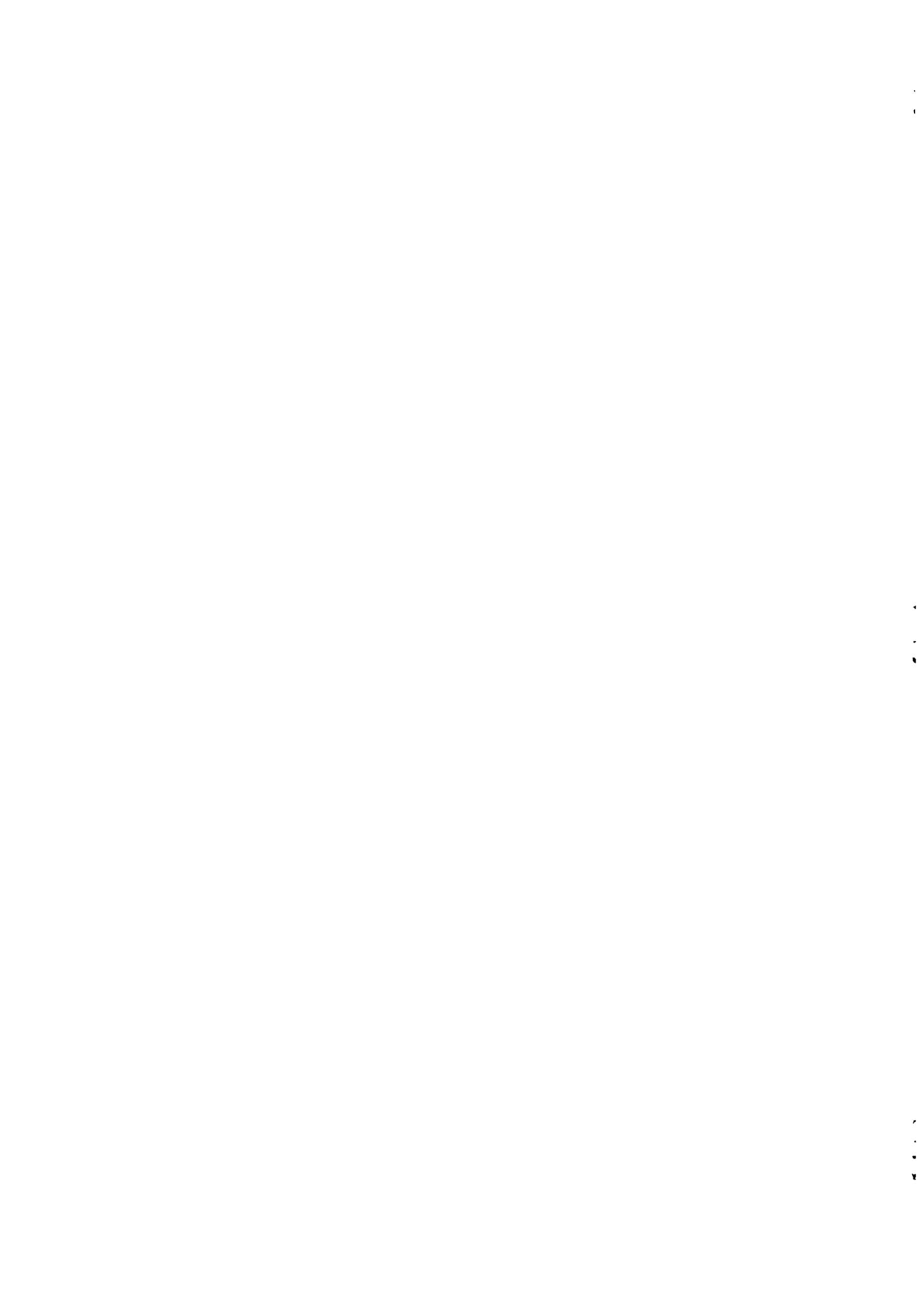
Pour mémoire, les niveaux des facteurs contrôlés sont les suivants :

- facteur "amendement" : A1 = calcaire pure ; A2 = calcaire + gypse, le gypse apportant 10% de la chaux ;
- facteur "dose" de chaux : D1 = 4 t/ha ; D2 = 8t/ha ; D3 = 12 t/ha (apportées avant le premier cycle, en 1984) ;
- facteur subsidiaire : S1 = aucun apport complémentaire de chaux ; S2 = apport de 2 t/ha de chaux sous forme de gypse, 2 ans après l'apport initial, avant le troisième cycle.

**Annexe 3.3**

**Influence de l'interaction double**

**"nature x dose x apport complémentaire de gypse"**



### 3 - INTERACTIONS DOUBLES ENTRE LES FACTEURS "AMENDEMENT", "DOSE" ET "SUBSIDIAIRE"

PARAMETRE			FACTEURS CONTROLES												
			Pté	A1						A2					
				D1		D2		D3		D1		D2		D3	
				S1	S2										
N°	Sigle	Unité													
114	TCaRCH(R)	%o	0,9566	0,052	0,045	0,045	0,043	0,047	0,052	0,047	0,055	0,045	0,042	0,050	0,052
202	Mg/CaRch(R)	-	0,9838	26,610	25,607	26,262	23,939	21,977	18,563	29,613	28,141	22,949	26,551	23,187	19,433
211	Ca/BasRCH(R)	%	0,9657	0,863	0,781	0,770	0,781	0,882	0,952	0,738	0,871	0,852	0,771	0,868	0,896
256	SO <sub>4</sub> 1/2(0-20)	µé%	0,9673	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,015	0,037
264	LF/A(0-20)	%	0,9858	3,333	3,000	3,167	3,167	3,167	3,500	3,167	3,333	3,167	3,000	3,167	2,833
266	pF3(0-20)	%	0,9675	40,100	40,833	39,100	40,450	39,550	38,283	38,850	38,583	39,717	39,683	40,683	41,033
277	S(0-20)	mé%	0,9543	48,560	49,895	49,440	50,792	50,392	49,170	47,675	47,670	50,575	49,822	52,190	52,815
299	NiO(0-20)	%	0,9793	0,385	0,378	0,380	0,392	0,373	0,372	0,380	0,382	0,377	0,372	0,383	0,390

Pour mémoire, les niveaux des facteurs contrôlés sont les suivants :

- facteur "amendement" : A1 = calcaire pure ; A2 = calcaire + gypse, le gypse apportant 10% de la chaux ;
- facteur "dose" de chaux : D1 = 4 t/ha ; D2 = 8t/ha ; D3 = 12 t/ha (apportées avant le premier cycle, en 1984) ;
- facteur subsidiaire : S1 = aucun apport complémentaire de chaux ; S2 = apport de 2 t/ha de chaux sous forme de gypse, 2 ans après l'apport initial, avant le troisième cycle.

