

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
NOUVELLE-CALÉDONIE
ET DÉPENDANCES

DIRECTION
POUR LE DÉVELOPPEMENT
DE L'ÉCONOMIE RURALE
SERVICE DE LA RECHERCHE
DE LA FORMATION
ET DE LA DIFFUSION
CENTRE DE RECHERCHE ET
D'EXPÉRIMENTATION AGRONOMIQUES
DE NESSADIOU

INSTITUT FRANÇAIS
DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT
EN COOPÉRATION
(ORSTOM)

CENTRE DE NOUMÉA

UR E9

•

L. COLLET
C. BOUCARON

B. BONZON
J. L. JICQUEL
P. ANDRE

INFLUENCE DE TROIS DOSES DE CHAUX
DE DEUX AMENDEMENTS CALCIQUES DIFFÉRENTS
SUR UNE CULTURE DE MAÏS SUR VERTISOL HYPER-MAGNÉSIE

•

ANNEXE 1984-1

Protocole expérimental

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

S O M M A I R E.

	Page
INTRODUCTION	
1 - FACTEURS CONTROLES	1
2 - ORGANISATION GENERALE ET MISE EN PLACE DU PREMIER CYCLE	2
2.1. Parcellaire	2
2.2. Irrigation	3
2.3. Fumures minérales	3
2.4. Mise en place de l'expérimentation	3
3 - ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS	4
3.1. Facteurs contrôlés	5
3.2. Modèles linéaires	5
3.3. Equations des carrés des écarts	5
3.4. Comparaisons des variances résiduelles	7
3.5. Corrélations résiduelles	8
3.6. Présentation des résultats de l'analyse de variances : degrés de liberté	9
4 - PARCELLES DE COMPORTEMENT COMPLEMENTAIRES	10
CONCLUSIONS.	10

Le dispositif expérimental installé sur le terrain choisi comme champ de référence pour l'étude des vertisols hyper-magnésiens doit permettre,

. au plan technique, de vérifier s'il est possible de lever durablement la stérilité de ce type de sol à l'aide d'amendements calciques judicieux et, si tel est bien le cas, de fournir aux Services Ruraux de premières bases pour sa mise en valeur,

. au plan scientifique, d'élaborer le référentiel de base des facteurs de la fertilité de ce type de sol et de leur évolution sous culture.

Le maïs est utilisé comme plante test.

Cinq cycles d'hiver successifs seront conduits dessus, à raison d'un cycle par an.

1 - FACTEURS CONTROLES.

Deux types d'amendements calciques (de la croûte calcaire pure titrant 42% de CaO, provenant du Col des Arabes, et un mélange de cette croûte calcaire et de gypse synthétique titrant 33,76% de CaO*, le gypse apportant 10% de la CaO totale du mélange) et trois doses de CaO (4, 8 et 12t/ha)** ont été retenus comme facteurs de variations principaux pour l'expérimentation. Le pourcentage de 10% de CaO sous forme de gypse est faible en regard de celui ayant conduit en serre à la croissance la plus vigoureuse du maïs (25%), de même que la dose 4t/ha de CaO est très vraisemblablement insuffisante pour lever complètement la carence en calcium du maïs sur ce type de sol.

Mais ceci devrait permettre de relever ultérieurement, si nécessaire, à la fois la dose de CaO et le pourcentage de CaO apportée sous forme de gypse.

* Ce gypse, d'origine japonaise, a été fourni gracieusement par les Etablissements de Saint-Quentin, propriétaires de la Cimenterie de Numbo, et broyé, gracieusement aussi, par la Société GRANICAL.

** Les quantités exactes appliquées ont été de 3.77 , 7.54 et 11.32t/ha.

Un troisième facteur contrôlé, à deux niveaux et en situation de facteur subsidiaire, a été prévu sur le dispositif pour être utilisé en cas de besoin.

Enfin, pour atténuer les effets d'éventuels gradients horizontaux à la surface de l'expérimentation, le dispositif retenu est du type carré latin 6x6, les six combinaisons des deux facteurs principaux pouvant seulement être prises en considération pour ce type d'essai.

2 - ORGANISATION GENERALE ET MISE EN PLACE DU PREMIER CYCLE CULTURAL.

2.1. Parcellaire.

Les croquis 1 à 5 ci-après permettent de se rendre compte de l'organisation générale de l'expérimentation.

Celle-ci comporte 6 rangées de 6 parcelles principales chacune (cf croquis 1). Les rangées sont séparées les unes des autres par des allées de 3m.

Les parcelles comportent 12 rangs de maïs, espacés de 0,75m et de 12m de long, permettant de mettre en place deux sous-parcelles de 3 rangs utiles chacune (cf croquis 2 et 3).

Des bordures de 1,5m sont prévues aux extrémités des rangs utiles.

Les sous parcelles utiles d'une même parcelle principale sont donc séparées par 2 rangs de bordure, celles de deux parcelles principales contigües par 4 rangs de bordure.

La surface totale d'une parcelle est de 108m², celle, utile, d'une sous-parcelle, de 20,25m².

La répartition des niveaux des facteurs contrôlés est indiquée sur le croquis 4.

2.2. Irrigation.

Une irrigation d'appoint destinée à couvrir le déficit hydrique hebdomadaire a été prévue. Le réseau, conçu par le S.A.R.H, consiste en 4 colonnes de \varnothing 80mm espacées de 18m les unes des autres (cf le croquis 5).

Les asperseurs sont à 18m les uns des autres le long des colonnes et disposés en quinconces d'une colonne sur l'autre.

Les colonnes 1 et 4 encadrent l'expérimentation.

2.3. Fumures minérales.

Les fumures consistent, pour le premier cycle, en une fumure de fond constituée de 120kg/ha de P_2O_5 sous forme de Phosphate super-triple, 68kg/ha de K_2O sous forme de sulfate de potasse et 150kg d'azote sous forme d'urée, complétée par deux apports de 60kg/ha d'azote chacun (sous forme d'urée toujours) effectués 4 et 7 semaines après le semis.

Au total la culture reçoit donc :

120kg/ha de P_2O_5 ,

68kg/ha de K_2O ,

270kg/ha d'azote.

2.4. Mise en place de l'expérimentation.

L'organigramme ci-dessous résume les travaux successifs prévus pour le premier cycle.

^{1/} - Travaux préparatoires

- . Fauche du pâturage
- . Rotavator
- . Labour (charrue à socs réversibles)
- . Disquage (2 passages croisés)

²/ - Implantation de l'essai

- . Piquetage des parcelles et prélèvement des échantillons de sol (horizons 0-20 et 20-40cm)
- . Epannage des amendements calciques et dépiquetage
- . Enfouissement de l'amendement calcique au rotavator
- . Epannage des engrais avant semis sous forme d'engrais simples : 150 unités d'azote (urée), 120 unités de phosphore (supertriple) et 68 unités de potassium (sulfate de potasse)
- . Traitements herbicide (2,5kg d'atrazine/hectare) et insecticide (2kg/ha de lindane) avec incorporation immédiate par 2 passages croisés de vibroculteur
- . Semis du maïs (hybride double X L 82)
- . Piquetage des rangs utiles (3 par sous-parcelle)
- . Piquetage des pieds de référence (18 par sous-parcelle)
- . Démariage à 67.000 pieds à l'hectare 15 jours après la levée
- . Apport fractionné d'azote sous forme d'urée à 4 et 7 semaines après le semis (60kg/ha chaque fois par l'irrigation)
- . Traitements insecticides curatifs contre les chrysomèles (Décis) et préventifs contre les chenilles défoliatrices (Bactospeïne).

3 - ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS.

. Le dispositif expérimental est donc du type "carré latin à parcelles subdivisées".

. Le modèle linéaire d'analyse de la variance comportera ainsi trois niveaux.

. Il sera par suite du type de ceux appliqués aux dispositifs en blocs complets équilibrés à parcelles subdivisées, les blocs étant pris soit dans le sens des lignes de parcelles, soit dans le sens des colonnes, le premier niveau pouvant en outre se décomposer selon le modèle linéaire d'analyse de variance d'un carré latin.

3.1. Facteurs contrôlés (cf. le croquis 4).

A = type d'amendement ; $k_A = 2$; indice i (i = 1 pour croûte calcaire pure, i = 2 pour mélange à 10% de CaO sous forme de gypse)

D = dose ; $k_D = 3$; indice j (j = 1, 2 et 3 pour d = 4, 8 et 12t/ha de CaO)

T = traitement subsidiaire ; $k_T = 2$; indice s (sera utilisé ultérieurement, mais doit être pris en considération dès à présent)

B = ligne ; $k_B = 6$; indice l (l = 1 à 6)

C = colonne ; $k_C = 6$; indice r (r = 1 à 6)

3.2. Modèles linéaires.

3.2.1. Blocs disposés dans le sens des lignes

$$X_{ijsl} - \bar{X} = \underbrace{a_i + d_j + (ad)_{ij} + b_l + e_{ijl}}_{\text{1er niveau}} + \underbrace{t_s + e_{sl}}_{\text{2ème niveau}} + \underbrace{(at)_{is} + (dt)_{js} + (adt)_{ijs} + e_{ijsl}}_{\text{3ème niveau}} \quad (\text{type 1})$$

3.2.2. Blocs disposés dans le sens des colonnes

$$X_{ijsr} - \bar{X} = \underbrace{a_i + d_j + (ad)_{ij} + c_r + e_{ijr}}_{\text{1er niveau}} + \underbrace{t_s + e_{sr}}_{\text{2ème niveau}} + \underbrace{(at)_{is} + (dt)_{js} + (adt)_{ijs} + e_{ijsr}}_{\text{3ème niveau}} \quad (\text{type 2})$$

3.2.3. Premier niveau du type "carré latin".

$$X_{ijs(1r)} - \bar{X} = a_i + d_j + (ad)_{ij} + b_l + c_r + e_{ij(1r)} + \text{2ème et 3ème niveaux soit du type 1, soit du type 2.}$$

3.3. Equations des carrés des écarts.

3.3.1. Blocs disposés dans le sens des lignes.

- Bloc 1 = ligne des parcelles 1 à 6
- Bloc 2 = ligne des parcelles 7 à 12
- ⋮
- Bloc 6 = ligne des parcelles 31 à 36.

$$\sum_{ijsl} (x_{ijsl} - \bar{x})^2 = \underbrace{\left[\sum_{\alpha} a_i^2 + \sum_{\alpha} d_j^2 + \sum_{\alpha} (ad)_{ij}^2 + \sum_{\alpha} b_l^2 + \sum_{\alpha} e_{ijl}^2 \right]}_{\text{le niveau}} + \sum_{\alpha} t_s^2 + \sum_{\alpha} e_{sl}^2 + \sum_{\alpha} (at)_{is}^2 +$$

$$\sum_{\alpha} (dt)_{js}^2 + \sum_{\alpha} (adt)_{ijs}^2 + \sum_{\alpha} e_{ijsl}^2 \text{ avec } \sum_{\alpha} = \sum_{\alpha} \sum_i \sum_j \sum_l$$

3.3.2. Blocs disposés dans le sens des colonnes.

Bloc 1 = colonne des parcelles 1, 7, 13, 19, 25, 31

Bloc 2 = colonne des parcelles 2, 8, 14, 20, 26, 32

Bloc 6 = colonne des parcelles 6, 12, 18, 24, 30, 36.

$$\sum_{ijsr} (x_{ijsr} - \bar{x})^2 = \underbrace{\left[\sum_{\beta} a_i^2 + \sum_{\beta} d_j^2 + \sum_{\beta} (ad)_{ij}^2 + \sum_{\beta} c_r^2 + \sum_{\beta} e_{ijr}^2 \right]}_{\text{le niveau}} + \sum_{\beta} t_s^2 + \sum_{\beta} e_{sr}^2 + \sum_{\beta} (at)_{is}^2 +$$

$$\sum_{\beta} (dt)_{js}^2 + \sum_{\beta} (adt)_{ijs}^2 + \sum_{\beta} e_{ijsr}^2 \text{ avec } \sum_{\beta} = \sum_{\beta} \sum_i \sum_j \sum_r$$

3.3.3. Décomposition du premier niveau selon le modèle linéaire d'analyse de variance d'un carré latin.

$$\sum_{ijs(lr)} (\bar{x}_{ij(lr)} - \bar{x})^2 = \sum_{\gamma} a_i^2 + \sum_{\gamma} d_j^2 + \sum_{\gamma} (ad)_{ij}^2 + \sum_{\gamma} b_l^2 + \sum_{\gamma} c_r^2 + \sum_{\gamma} e_{ij(lr)}^2$$

avec $\sum_{\gamma} = \sum_{\gamma} \sum_i \sum_j \sum_s (lr)$ Il y a $k_B = k_C$ indices (lr) pour une combinaison particulière des indices i, j et s.

3.3.3. Remarques.

$$\sum_{\alpha} a_i^2 = k_D \cdot k_T \cdot k_B \cdot \sum_i a_i^2 = \sum_{\beta} a_i^2 = k_D \cdot k_T \cdot k_C \sum_i a_i^2 = \sum_{\gamma} a_i^2 = k_D k_T \sum_{i(lr)} a_i^2$$

$$\sum_{\alpha} d_j^2 = \sum_{\beta} d_j^2 = \sum_{\gamma} d_j^2$$

$$\sum_{\alpha} (a_i + d_j + (ad)_{ij} + b_l + e_{ijl})^2 = \sum_{\beta} (a_i + d_j + (ad)_{ij} + c_r + e_{ijr})^2 =$$

$$\sum_{\gamma} (a_i + d_j + (ad)_{ij} + b_l + c_r + e_{ij(lr)})^2 =$$

$$= \sum_{ijsl} (\bar{x}_{ijl} - \bar{x})^2 = \sum_{ijsr} (\bar{x}_{ijr} - \bar{x})^2 = \sum_{ijs(lr)} (\bar{x}_{ij(lr)} - \bar{x})^2 \text{ car, pour une parcelle donnée } \bar{x}_{ijl} \equiv \bar{x}_{ijr} \equiv \bar{x}_{ij(lr)}$$

$$\text{D'où } e_{ijl} = e_{ij(lr)} + c_r \quad \text{et} \quad e_{ijr} = e_{ij(lr)} + b_l.$$

Il résulte ainsi des équations précédentes que :

$$\left. \begin{aligned} \sum_{ijsl} e_{ijl}^2 &= k_T \cdot \sum_{ijl} e_{ijl}^2 = k_T \cdot \sum_{ij(lr)} e_{ij(lr)}^2 + k_A \cdot k_D \cdot k_T \cdot \sum_r c_r^2 \\ \sum_{ijsr} e_{ijr}^2 &= k_T \cdot \sum_{ijr} e_{ijr}^2 = k_T \cdot \sum_{ij(lr)} e_{ij(lr)}^2 + k_A \cdot k_D \cdot k_T \cdot \sum_l b_l^2 \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Mais attention !} \\ \hline \sum_{ijl} e_{ijl}^2 \neq \sum_{ijr} e_{ijr}^2 \end{array}$$

On a également :

$$\sum_{\alpha} c_{s1}^2 + \sum_{\alpha} e_{ijsl}^2 = \sum_{\alpha} e_{sr}^2 + \sum_{\alpha} e_{ijsr}^2$$

soit :

$$k_A \cdot k_D \cdot \sum_l e_{s1}^2 + \sum_{ijsl} e_{ijsl}^2 = k_A \cdot k_D \cdot \sum_r e_{sr}^2 + \sum_{ijsr} e_{ijsr}^2$$

3.4. Comparaison des variances résiduelles.

Pour chaque paramètre X on pourra effectuer, à l'issue des analyses de variance précédentes, les comparaisons successives suivantes :

1. s_{E11}^2 , s_{E21}^2 et s_{E31}^2 . Si ces trois variances sont homogènes on pourra alors comparer (tests F) s_A^2 , s_D^2 , s_{AD}^2 , s_T^2 , s_{AT}^2 , s_{DT}^2 , s_{ADT}^2 à

$$s_{E1}^2 = (25 \cdot s_{E11}^2 + 5 \cdot s_{E21}^2 + 25s_{E31}^2) / 55$$

2. s_{E1r}^2 , s_{E2r}^2 et s_{E3r}^2 . Si _____ ditto _____

$$s_{Er}^2 = (25 \cdot s_{E1r}^2 + 5 \cdot s_{E2r}^2 + 25s_{E3r}^2) / 55$$

3.5. Corrélations résiduelles.

Il faudra pouvoir, vers la fin du cycle, rapprocher les caractéristiques observées indépendantes. Pour cela on corrélera et on comparera successivement les données :

1. $(e_{xij1}$ et $e_{uij1})$, $(e_{xs1}$ et $e_{us1})$, $(e_{xij1}$ et $e_{uij1})$. Si $r_{xu_{11}}$, $r_{xu_{21}}$ et $r_{xu_{31}}$ (à 24, 4 et 24 ddl respectivement) sont homogènes on pourra alors (si les groupes de variances correspondant de X et dU ont été vérifiés aussi homogènes préalablement) calculer r_{xu_1} (à 54 ddl) à partir des résidus moyens.

$$\left\{ \begin{array}{l} e_{xij1} = x_{ij1} - \bar{x}_{ijs} - \bar{x}_1 + \bar{x} \\ e_{uij1} = u_{ij1} - \bar{u}_{ijs} - \bar{u}_1 + \bar{u} \end{array} \right.$$

2. $(e_{xijr}$ et $e_{uijr})$, $(e_{xsr}$ et $e_{usr})$, $(e_{xijr}$ et $e_{uijr})$. Si $r_{xu_{1r}}$, $r_{xu_{2r}}$, $r_{xu_{3r}}$ (à 24, 4 et 24 ddl respectivement eux aussi) sont homogènes on pourra alors comme ci-dessus et dans les mêmes conditions calculer r_{xu_r} (à 54 ddl) à partir des résidus moyens.

$$\left\{ \begin{array}{l} e_{xijr} = x_{ijr} - \bar{x}_{ijs} - \bar{x}_r + \bar{x} \\ e_{uijr} = u_{ijr} - \bar{u}_{ijs} - \bar{u}_r + \bar{u} \end{array} \right.$$

3. $e_{xij(1r)}$ et $e_{uij(1r)}$

3.6. Présentations des résultats de l'analyse de variance : degrés de liberté des variances et des tests.

Critères retenus.	Dispositifs expérimentaux considérés.		
	Blocs pris sur les lignes	Blocs pris sur les colonnes	Partie analysable en carré latin.
. Variances résiduelles et coefficients de variation			
vr1 (CV1 %)	25	25	20
vr2 (CV2 %)	5	5	*
vr3 (CV3 %)	25	25	*
. Homogénéité des variances résiduelles			
X ² de Bartlett			
Probabilité du X ² (%)	55	55	*
. F Observés (et probabilités correspondantes) des facteurs			
. Amendement	1 et 25	1 et 25	1 et 20
. Dose	2 et 25	2 et 25	2 et 20
. Amendement x Dose	2 et 25	2 et 25	2 et 20
. Subsidaire	1 et 5	1 et 5	*
. Amendement x Subsidaire	1 et 25	1 et 25	*
. Dose x Subsidaire	2 et 25	2 et 25	*
. Amendement x Dose x Subsidaire	2 et 25	2 et 25	*
. F Observés (et probabilités correspondantes) lorsque les variances résiduelles sont homogènes.			
. Amendement	1 et 55	1 et 55	*
. Dose	2 et 55	2 et 55	*
. Amendement x Dose	2 et 55	2 et 55	*
. Subsidaire	1 et 55	1 et 55	*
. Amendement x Subsidaire	1 et 55	1 et 55	*
. Dose x Subsidaire	2 et 55	2 et 55	*
. Amendement x Dose x Subsidaire	2 et 55	2 et 55	*

* CF Dispositifs "Blocs sur les lignes" ou "Blocs sur les colonnes".

4 - PARCELLES DE COMPORTEMENT COMPLEMENTAIRES.

Afin de s'assurer, d'une part du bien-fondé de l'application d'amendement calcique, d'autre part de l'intérêt de formules apportant d'avantage de gypse et de chaux, trois rangs de six parcelles chacun ont été prévus à l'extérieur de l'expérimentation (cf le croquis 6).

Le premier rang de parcelles ne reçoit aucun amendement.

Les deux autres rangs de parcelles reçoivent les formes et doses suivantes :

sous-parcelles 11 et 12 : 7,54t/ha de CaO dont 30% sous forme de gypse.

"	21 et 22 :	"	"	50%	"
"	31 et 32 :	11,32t/ha	"	30%	"
"	41 et 42 :	"	"	50%	"
"	51 et 52 :	15,09t/ha	"	30%	"
"	61 et 62 :	"	"	50%	"

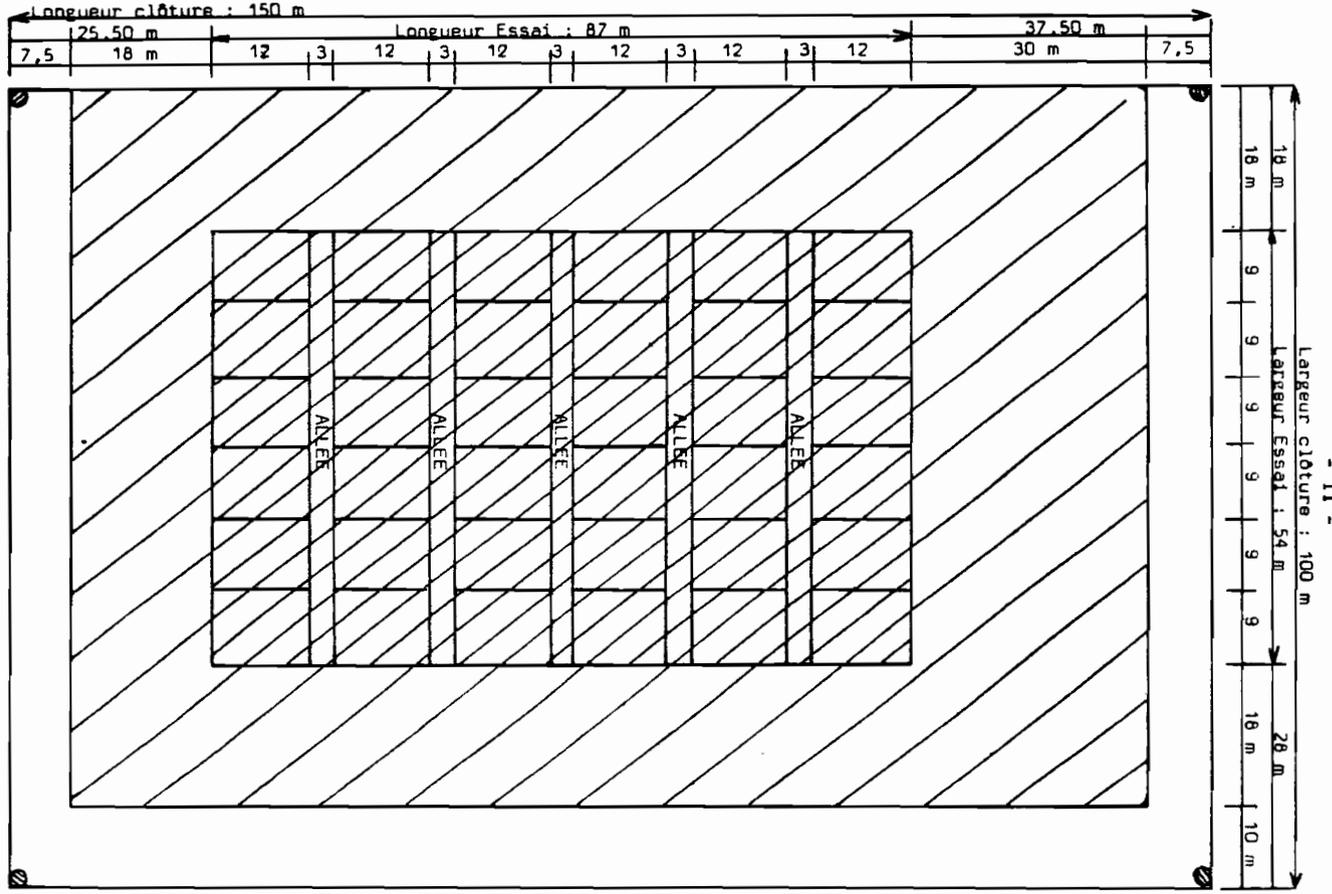
Pour le reste ces parcelles seront traitées de la même façon que les parcelles de l'expérimentation de base.

CONCLUSION.

Ainsi conçu, le dispositif expérimental prévoit donc d'être modifié en fonction des résultats que l'on observera. Les parcelles sont par ailleurs suffisamment larges pour que les risques de mélange de terre entre deux parcelles utiles soient faibles.

1 - EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIQUES SUR UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN
(TAMOA - propriété GAUDE)

ECHELLE: 1 cm=10m



IMPLANTATION DE LA PARCELLE D'ESSAI



Surface Essai



Surface arrosée

2 - EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIQUES SUR UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN

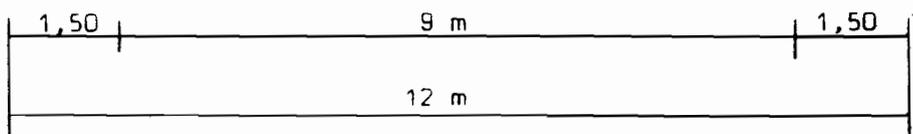
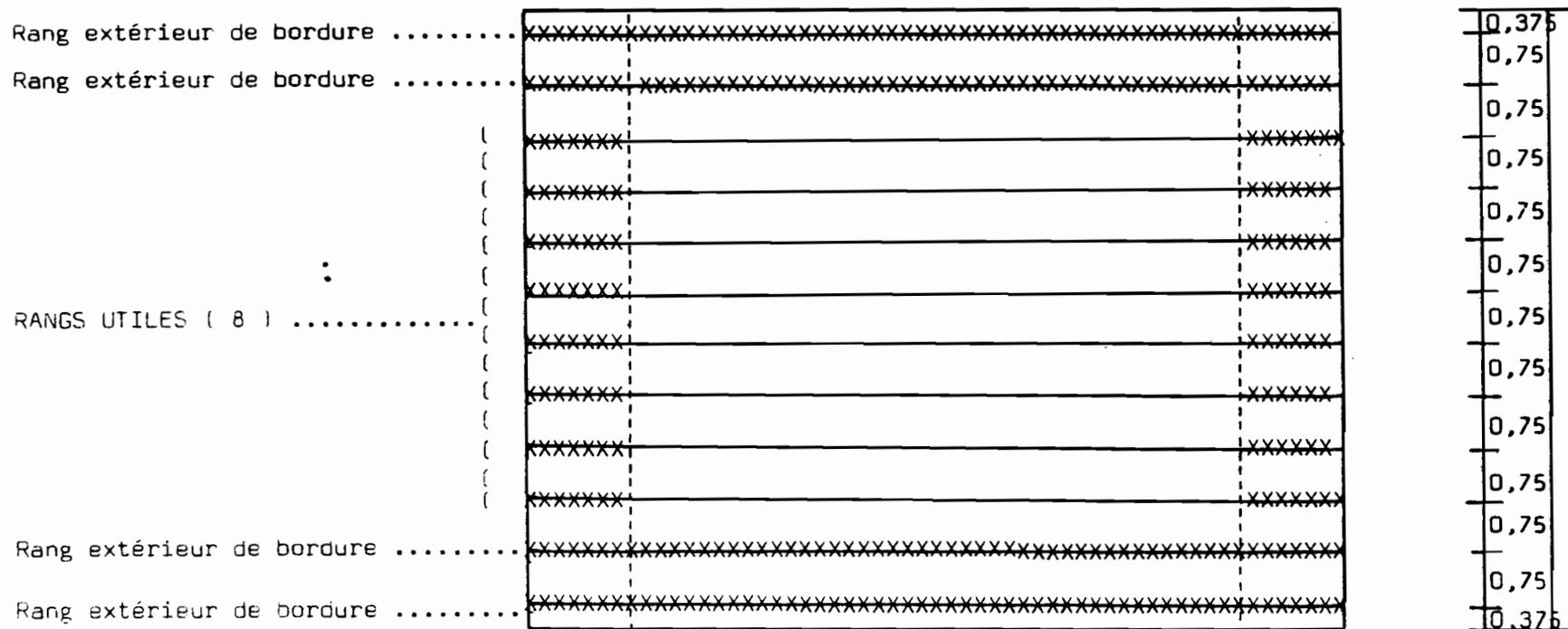
(TAMOA - propriété GAUDE)

ECHELLE: 1cm=1m

DISPOSITIF EXPERIMENTAL : CARRE LATIN (DEUX CONTROLES D'HETEROGENEITE)

PARCELLE 9 M X 12 M

(sans traitement subsidiaire k)



4 - EXPERIMENTATION SUR VERTISOL HYPER-MAGNÉSIEEN (TAMOA)

↑ vers la TAMOA

nn'n°
i j s l r = numéro sous-parcelle / indices du traitement de la sous-parcelle ★

01.1 111.11	01.2 112.11	02.1 232.12	02.2 231.12	03.1 122.13	03.2 121.13	04.1 211.14	04.2 212.14	05.1 222.15	05.2 221.15	06.1 131.16	06.2 132.16

O ←→ E

07.1 131.21	07.2 132.21	08.1 111.22	08.2 112.22	09.1 212.23	09.2 211.23	10.1 231.24	10.2 232.24	11.1 122.25	11.2 121.25	12.1 221.26	12.2 222.26

13.1 232.31	13.2 231.31	14.1 212.32	14.2 211.32	15.1 112.33	15.2 111.33	16.1 221.34	16.2 222.34	17.1 131.35	17.2 132.35	18.1 121.36	18.2 122.36

19.1 122.41	19.2 121.41	20.1 222.42	20.2 221.42	21.1 232.43	21.2 231.43	22.1 131.44	22.2 132.44	23.1 112.45	23.2 111.45	24.1 211.46	24.2 212.46

25.1 221.51	25.2 222.51	26.1 122.52	26.2 121.52	27.1 132.53	27.2 131.53	28.1 111.54	28.2 112.54	29.1 212.55	29.2 211.55	30.1 231.56	30.2 232.56

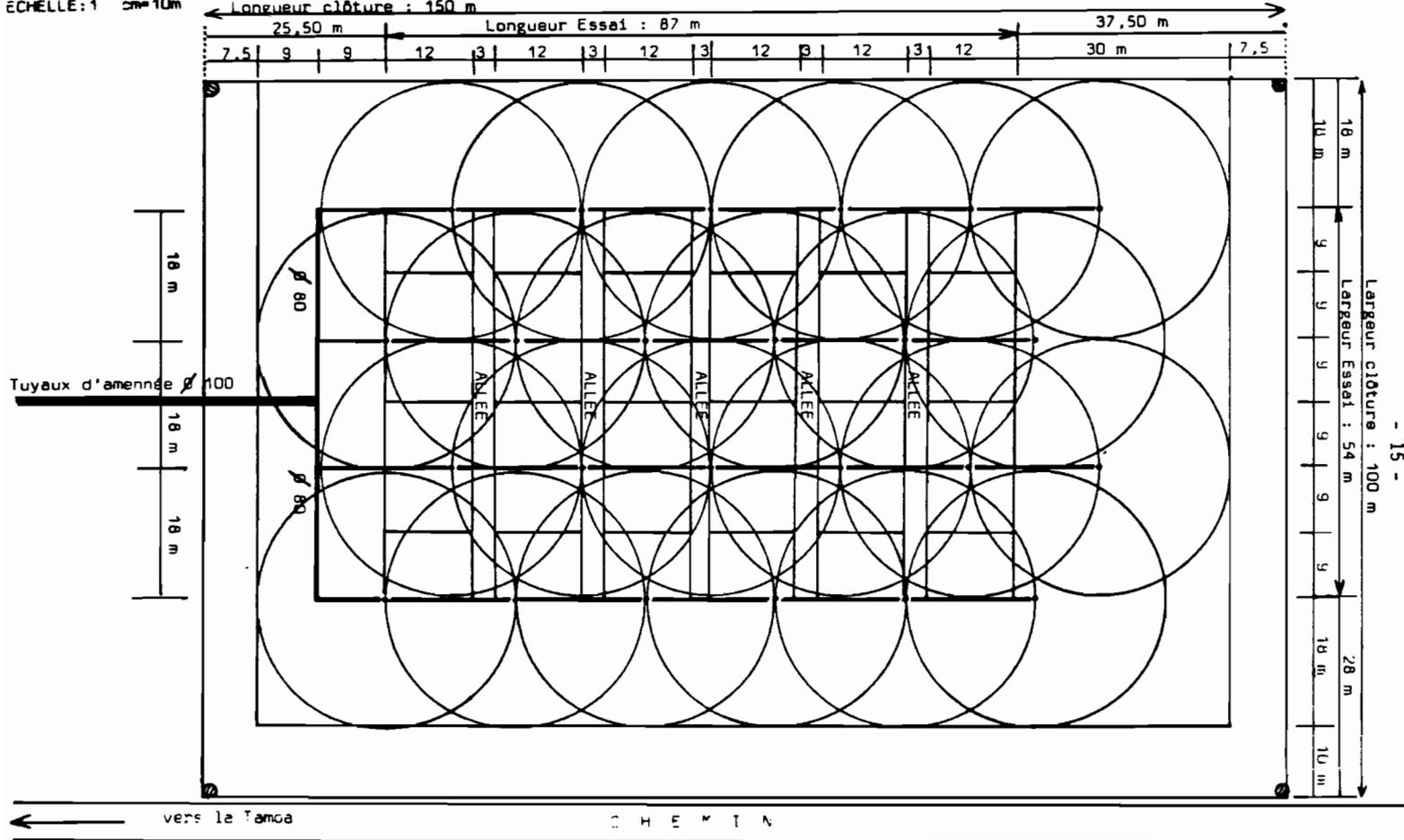
↓ vers la propriété MOURENNE

31.1 211.61	31.2 212.61	32.1 132.62	32.2 131.62	33.1 221.63	33.2 222.63	34.1 122.64	34.2 121.64	35.1 231.65	35.2 232.65	36.1 112.66	36.2 111.66

★ Dans l'ordre : i = mélange, j = dose, s = traitement subsidiaire, l = ligne, r = colonne

5 - EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIQUES SUR UN VERTISOL HYPERMAGNESIEN
(TAMOA - propriété GAUDE)

ECHELLE: 1 cm=10m



RESEAU D'IRRIGATION

6 - EXPERIMENTATION SUR VERTISOL HYPER_MAGNESIEN (TAMOA)
(ESSAIS ANNEXES)

↑ vers la TAMOA	1	11	12
← vers la propriété MOURENNE	2	21	22
	3	31	32
	4	41	42
	5	51	52
	6	61	62