

REPUBLIQUE FRANCAISE

Nouvelle-Calédonie et Dépendances

SERVICES RURAUX TERRITORIAUX
Service de l'Agriculture

Section Recherches Agronomiques

P. MAZARD
F. DEVINCK
Ph. SEVERIAN

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET
TECHNIQUE OUTRE-MER

Laboratoires de Pédologie et d'Agronomie

A. BEAUDOU B. BONZON
B. DENIS C. MAURY
H. LEMARTRET

ETUDE DES EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIQUES *
SUR LES SOLS DE NOUVELLE-CALÉDONIE

EFFETS DE DIFFÉRENTES DOSES D'AMENDEMENT CALCIQUE
SUR UN SOL SODIQUE ACIDE

ET

SUR DES CULTURES DE MAÏS, TOURNESOL ET HARICOT

PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

* Convention particulière n° 2 du Protocole Général d'Accord passé le 21 avril 1980
entre le Territoire de la Nouvelle-Calédonie et l'ORSTOM pour l'étude de la Fertilité
Naturelle et de l'Evolution sous culture des sols de Nouvelle-Calédonie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	2
1 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL	2
2 - ORGANISATION GENERALE DES SOUS-PARCELLES	2
3 - MISE EN PLACE ET CONDUITE DE L'EXPERIMENTATION	3
31 - Organigramme général des opérations de terrain	3
32 - Fertilisation	4
33 - Irrigation	4
34 - Traitements phytosanitaires	5
35 - Observations, mesures et analyses	5
35.1 - Etude de la croissance des composantes du rendement et des immobilisations à la récolte	5
35.2 - Etude de l'évolution du sol	5
4 - INTERPRETATION DES RESULTATS .RAPPORT	5
41 - Analyse statistique	5
42 - Présentation des résultats	5
DOCUMENTS DE REFERENCE	7
ANNEXE 1 - PLAN SCHEMATIQUE DE L'ESSAI. CORRESPONDANCES AVEC CELUI DE 1981. .	8
ANNEXE 2 - CARACTERISTIQUES-PLANTES RECUEILLIES AU COURS DU CYCLE ET CARACTERISTIQUES DERIVEES	11
ANNEXE 3 - CARACTERISTIQUES-SOLS RECUEILLIES AU COURS DU CYCLE	15
ANNEXE 4 - ANALYSE STATISTIQUE	18

Le présent document décrit le protocole expérimental destiné à préciser les doses d'amendement calcique à appliquer à un sol sodique acide mis en valeur avec un maïs, un tournesol et un haricot.

L'homogénéité du sol en question a déjà été testée en 1981 (Cf. document de référence n° 5).

L'amendement calcique sera réalisé avec une croûte calcaire non-magnésienne de la région du Col des Arabes, titrant environ 42 % de CaO et passée au tamis de 2 mm après broyage. Le choix de ce calcaire résulte d'essais en serre conduits en 1981 (Cf. document de référence n° 4).

Les trois cultures retenues pour l'étude sont des cultures "exigentes" et susceptibles d'être effectivement pratiquées sur ce type de sol, en raison à la fois de sa topographie et de sa proximité des cours d'eau (possibilité d'irrigation).

1 - DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'expérimentation comporte 9 parcelles principales divisées en 4 sous-parcelles de 9 x 18 m chacune.

Les sous-parcelles sont situées aux emplacements exacts d'un certain nombre des parcelles du test d'homogénéité initial (Cf. le tableau 1 de l'annexe 1 pour les correspondances).

Il y a trois répétitions constituant 3 blocs.

Chaque bloc comporte donc 3 parcelles principales, chacune de ces parcelles recevant une plante par tirage aléatoire (un tirage par bloc). Chacune des 4 sous-parcelles d'une parcelle principale reçoit une dose d'amendement calcique, l'affectation des doses aux sous-parcelles faisant l'objet d'un tirage aléatoire pour chaque parcelle. Les doses d'amendement retenues sont

∅ , 2 , 4 et 6 T/ha (de CaO).

Chaque sous-parcelle, enfin, pourra être elle-même subdivisée en 2 ultérieurement afin de permettre l'application d'un troisième facteur contrôlé, subsidiaire S, qui n'est pas encore défini. Ces demi-sous-parcelles seront désignées par le terme de parcelles élémentaires.

La répartition des différentes variantes des trois facteurs contrôlés P (Plante), A (Amendement calcique) et S (à définir ultérieurement), sur les 3 blocs B est indiquée sur le plan schématique 2 de l'annexe 1.

2 - ORGANISATION GENERALE DES SOUS-PARCELLES

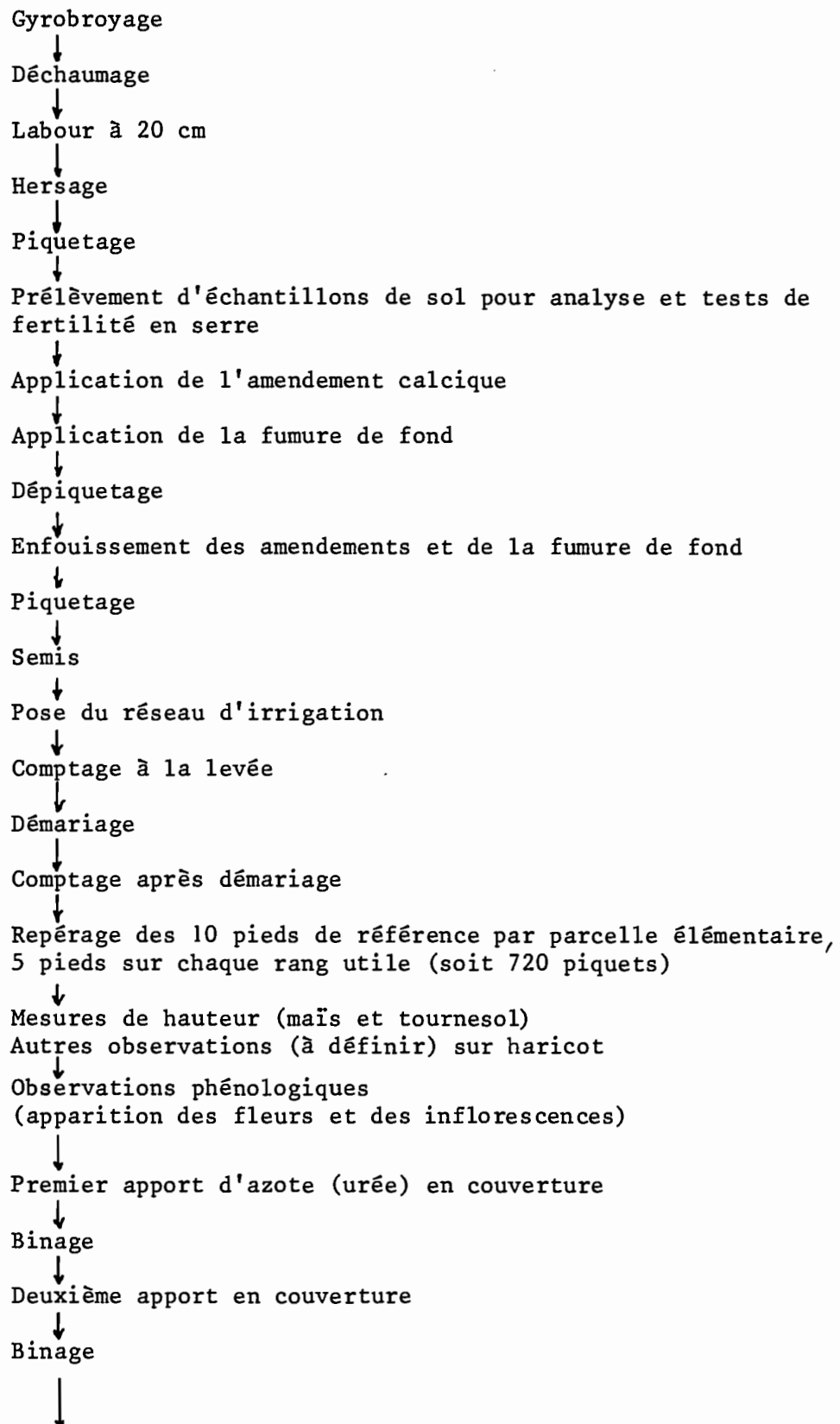
Chacune des 36 parcelles de 9 x 18 m comporte 12 rangs de culture espacés de 0,75 m. Chaque demi-sous-parcelle ou parcelle élémentaire comporte donc 6 rangs, les deux rangs centraux constituant les rangs utiles de la parcelle élémentaire.

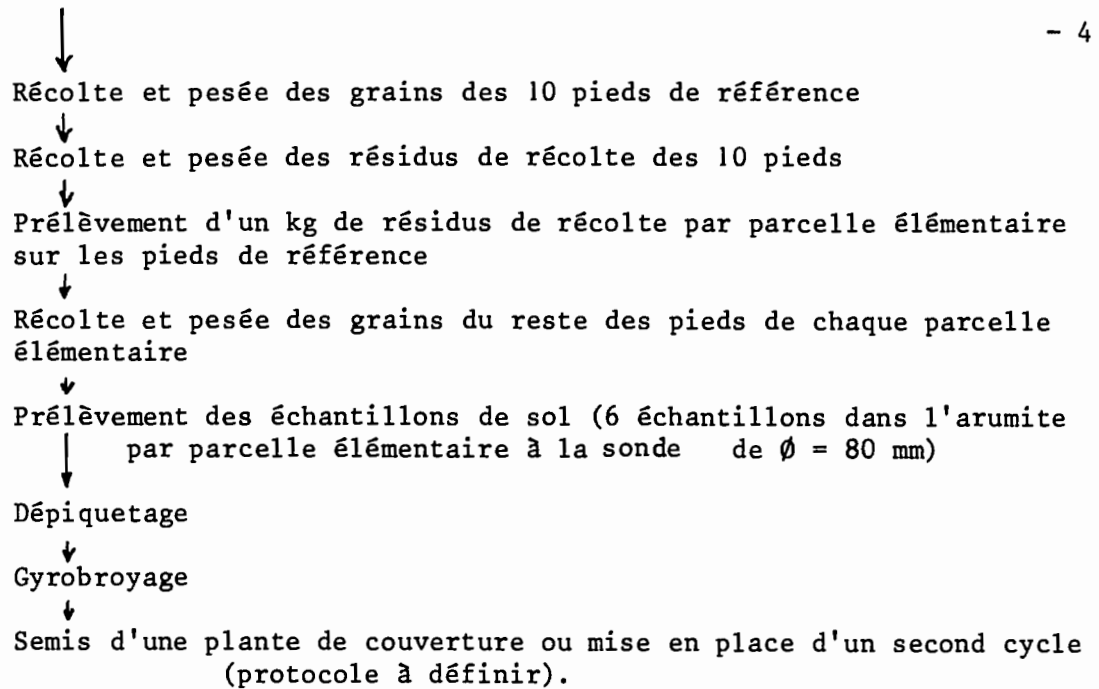
Une bordure de 1,5 m est prévue à chaque extrémité des rangs utiles. Chaque parcelle élémentaire "utile" est donc constituée de deux rangs utiles de 15 mètres de longueur chacun couvrant une surface utile totale de 22,5 m².

A l'intérieur d'un bloc, les parcelles sont contigues, mais les sous-parcelles sont séparées par des allées (Cf. le plan schématique).

31 - Organigramme général des opérations de terrain .

Depuis la récolte du test d'homogénéité initial, les opérations de terrains se succéderont comme indiqué sur l'organigramme ci-dessous.





32 - Fertilisations

Afin de mettre en évidence plus facilement le rôle général de l'amendement calcique sur le sol et sur la nutrition minérale des plantes, en particulier sur leur nutrition phosphatée, les fertilisations appliquées à l'occasion de ce premier cycle seront relativement faibles :

160 kg/ha d'Azote sous forme d'urée en 2 épandages
80 kg/ha de P_2O_5 sous forme de superphosphate triple)
60 kg/ha de K_2O sous forme de sulfate de potasse) en fumure de fond

Au niveau du détail, les interactions "sol sodique acide x plantes cultivées x éléments majeurs x amendements" seront examinées à l'aide d'études expérimentales conduites en serre.

33 - Irrigation

L'irrigation sera essentiellement une irrigation d'appoint

Le dispositif utilisé sera celui mis en oeuvre en 1981 (Cf. protocole expérimental du test d'homogénéité).

34 - Traitements phytosanitaires

Un suivi très attentif du parasitisme sera effectué. Les traitements seront plutôt du type préventif.

Seront appliqués ainsi de façon systématique

- avant le semis : désinfection du sol (Lindane) 1 l m.a./ha
désherbage de pré-émergence (E.P.T.C.)
dose 4 l m.a./ha

.traitement insecticides

- en cours de végétation
 - METHAMIDOPHOS 450 gr m.a./ha
 - DECIS 12 gr m.a./ha
 - NALED 1 l m.a./ha

35 - Observations, mesures et analyses

35-1 - Etude de la croissance, des composantes du rendement et des immobilisations à la récolte.

Le suivi de la croissance en hauteur du maïs et du tournesol sera lancé dès que possible en s'appuyant sur 10 pieds de référence par parcelle élémentaire (5 pieds sur chaque rang utile), ces pieds étant repérés par des piquets de bois dépassant du sol de 15 cm.

Pour le haricot, les critères à prendre ne sont pas encore définis.

A la récolte, qui pourra être décalée d'une plante à l'autre, la détermination d'un certain nombre des composantes du rendement sera faite sur les pieds de référence, ainsi qu'une détermination des teneurs en N, P, K, Ca, Mg, Na à la fois dans les grains et les résidus de récolte.

Le rendement du reste des plants des parcelles utiles sera mesuré également.

L'ensemble des informations à recueillir est précisé à l'annexe 2.

35-2 - Etude de l'évolution du sol

L'évolution de l'horizon (0-20 cm) du sol (arumite) sous l'effet à la fois des facteurs Plantes et Amendement Calcique sera précisé à l'aide des caractéristiques mentionnées à l'annexe 3.

4 - INTERPRETATION DES RESULTATS . RAPPORTS

41 - Analyse statistique .

L'analyse statistique des données d'effectuera selon les schémas et les modèles précisés à l'annexe 4.

42 - Présentation des résultats.

Un premier rapport sur les données recueillies au moment de la récolte sera présenté dans les deux mois qui suivent la récolte afin de permettre aux

Services Ruraux Territoriaux d'utiliser éventuellement les résultats exploitables de cette étude.

Pour les autres données, les résultats seront fournis dès qu'ils auront pu être interprétés, et dans les délais de la convention.

DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents 1, 2 et 3 ci-dessous, relatifs aux actions de recherches définies dans l'avenant n° 1 (année 1980) de la convention particulière pour l'étude des effets des amendements calciques sur les sols cultivables de la Nouvelle-Calédonie, ont été publiés en juin 1981.

1 - Recherches de sites expérimentaux pour mener des études sur les effets des amendements calciques en Nouvelle-Calédonie. Enquête préliminaire ORSTOM, 18 p., 5 tableaux, 2 diagrammes.

2 - Les sols du champ d'expérimentation (M.Bertoni), ORSTOM, 34 p., 9 diagrammes, 4 tableaux.

3 - L'évolution du pH des humites des sols sodiques acides après apport d'amendements calciques : essais en boîte de Pétri, 3 pages, 2 tableaux, 2 diagrammes.

Les documents 4 et 5, ci-après, concernent les actions de recherches conduites sur sol sodique acide en 1981, telles qu'elles ont été définies dans l'avenant n° 2 (année 1981).

4 - Résultats expérimentaux des cultures en serre sur sols sodiques acides (81-82).

5 - Résultats du test d'homogénéité par une culture de maïs du terrain retenu pour l'étude des effets des amendements calciques sur sol sodique acide.

A N N E X E 1

PLAN SCHEMATIQUE DE L'ESSAI
CORRESPONDANCES AVEC CELUI DE 1981

EFFETS DES AMENDEMENTS CALCIQUES SUR UN SOL SODIQUE ACIDE

Paramètre :

Date :

Numéros parcelles et sous-parcelles	
Rang Nord/Rang Sud	
Références i j k l	

i = indice plante
 j = indice dose AC
 k = traitement subsid...
 l = indice de répétition (1, 2, 3)

{ 1 = Maïs
 2 = Tournesol
 3 = Haricot
 { 0 = ØT/ha
 1 = 2T/ha
 2 = 4T/ha
 3 = 6T/ha
 { 1 =) non
 2 =) défini

28 1	28 2	32 1	32 2	36 1	36 2
3113	3123	1013	1023	2323	2313

27 1	27 2	31 1	31 2	35 1	35 2
3223	3213	1123	1113	2223	2213

26 1	26 2	30 1	30 2	34 1	34 2
3323	3313	1323	1313	2023	2013

25 1	25 2	29 1	29 2	33 1	33 2
3023	3013	1223	1213	2113	2123

4 1	4 2	8 1	8 2	12 1	12 2	16 1	16 2	20 1	20 2	24 1	24 2
3011	3021	1311	1321	2011	2021	1112	1122	3212	3222	2322	2312

3 1	3 2	7 1	7 2	11 1	11 2	15 1	15 2	19 1	19 2	23 1	23 2
3211	3221	1211	1221	2311	2321	1322	1312	3012	3022	2222	2212

2 1	2 2	6 1	6 2	10 1	10 2	14 1	14 2	18 1	18 2	22 1	22 2
3321	3311	1011	1021	2221	2211	1022	1012	3312	3322	2112	2122

1 1	1 2	5 1	5 2	9 1	9 2	13 1	13 2	17 1	17 2	21 1	21 2
3111	3121	1111	1121	2111	2121	1222	1212	3122	3112	2022	2012

1 - Correspondance entre les numéros des parcelles du test d'homogénéité initial 81 et de l'essai 82.

Numéros des sous-parcelles de l'essai 82	Numéros des parcelles du test d'homogénéité 81
1	1
2	7
3	13
4	19
5	2
6	8
7	14
8	20
9	3
10	9
11	15
12	21
13	4
14	10
15	16
16	22
17	5
18	11
19	17
20	23
21	6
22	12
23	18
24	24
25	25
26	31
27	35
28	39
29	26
30	32
31	36
32	40
33	27
34	33
35	37
36	41

A N N E X E 2

CARACTERISTIQUES - PLANTES
RECUEILLIES AU COURS DU CYCLE
ET CARACTERISTIQUES DERIVEES

CARACTERISTIQUES-PLANTES A DETERMINER POUR L'ETUDE DES EFFETS DES DIFFERENTES
DOSES D'AMENDMENT CALCIQUE SUR UN SOL SODIQUE ACIDE (CAS DU MAIS)

Numéros des variables	Sigles	Définitions (Toutes les mesures concernent les parcelles élémentaires de 2 rangs utiles de 15 mètres de long chacun occupant 22,5 m ²)	Unités
1	DL	Densité de peuplement à la levée	Nbre / m ²
2	DD	" " après le démariage	- d° -
3	DM	" " à mi-cycle	- d° -
4	DR	" " à la récolte	- d° -
5	H _t	Hauteur moyenne des 10 plants de référence à l'âge t jours de la culture	cm
6	V _{t1-t2}	Vitesse de croissance en hauteur journalière entre les temps t ₁ et t ₂ jours	cm/j
7	PTFS	Poids moyen de matière sèche des résidus de récolte d'un plant (de référence) à la récolte	g/plant
8	PGR	Poids moyen de grains secs d'un pied de référence	g/plant
9	PGU	Poids moyen de grains secs d'un pied utile restant	g/plant
10	PG	Poids moyen de grains par plant	g/plant
11	GRU	Poids de 1000 grains	g
12	TNTF	Teneur en Azote des résidus de récolte	%
13	TPTF	" Phosphore " "	%
14	TKTF	" Potassium " "	%
15	TNATF	" Sodium " "	%
16	TCATF	" Calcium " "	%
17	TMGTF	" Magnésium " "	%

Numéros des variables	Sigles	Définitions (Toutes les mesures concernent les parcelles élémentaires de 2 rangs utiles de 15 mètres de long chacun, occupant 22,5 m ²)	Unités
18	TNG	Teneur en Azote des grains	%
19	TPG	" Phosphore "	%
20	TKG	" Potassium "	%
21	TNAG	" Sodium "	%
22	TCAG	" Calcium "	%
23	TMGG	" Magnésium "	%
24	QTF	Masse de résidus de récolte par unité de surface	g/m ²
25	QNTF	Immobilisation en Azote dans les résidus de récolte	g/m ²
26	QPTF	" Phosphore "	-d°-
27	QKTF	" Potassium "	-d°-
28	QNATF	" Sodium "	-d°-
29	QCATF	" Calcium "	-d°-
30	QMGTf	" Magnésium "	-d°-
31	QG	Rendement en grain sec	-d°-
32	QNG	Exportation en Azote par les grains	-d°-
33	QPG	" Phosphore "	-d°-
34	QKG	" Potassium "	-d°-
35	QNAG	" Sodium "	-d°-
36	QCAG	" Calcium "	-d°-
37	QMGE	" Magnésium "	-d°-
38	QPA	Biomane des parties aériennes à la récolte	-d°-
39	QNPA	Immobilisation totale en Azote dans les parties aériennes à la récolte	-d°-
40	QPPA	" " en Phosphore " " "	-d°-
41	QKPA	" " en Potassium " " "	-d°-
42	QNAPA	" " en Sodium " " "	-d°-
43	QCAPA	" " en Calcium " " "	-d°-
44	QM GPA	" " en Magnésium " " "	-d°-
45	NEPR	Nombre d'épis par plant de référence	
46	NEPU	" " " utile restant	
47	NEP	" " " "	

REMARQUES SUR LA DETERMINATION DE CERTAINES
CARACTERISTIQUES-PLANTES DU MAIS

La masse de résidus de récolte par plant PTFH et la détermination de leurs teneurs en éléments minéraux seront obtenues en :

1/ pesant sur le terrain le poids frais PTFH des 10 pieds de référence coupés à ras du sol et débarrassés de leurs épis ;

2/ prélevant alléatoirement 1 kg de résidus frais sur le pied, ^{dont} on déterminera la teneur en matière sèche MS % par séchage 48 heures à 105°C (soit pTFSg le poids sec de l'échantillon frais de 1 kg ;

3/ pesant après séchage pendant 48 heures à 105° C la totalité des rachis des épis récoltés sur le terrain, soit PRS ;

4/ prélevant, après hachage préliminaire, une partie aliquote dans le rapport $\frac{1000}{PTFH}$ de ces rachis, cette partie aliquote étant rajoutée à l'échantillon de tiges et feuilles sèches avant leur broyage pour analyse.

$$PTFS = (PTFH \cdot \frac{PTFS}{1000} + PRS) \cdot \frac{1}{10}$$

Le rendement en grains secs des pieds de référence PGR est mesuré directement par séchage 48 H à 105° C de la totalité des grains récoltés.

Le rendement en grains secs du reste de la parcelle utile PGU sera mesuré au CREA après la récolte (détermination du poids frais de grains et de leur teneur en humidité).

$$PGR = \frac{MGR}{10}$$

MGR = masse de grains secs des 10 pieds de références

$$PGU = \frac{MGU}{(22,5 \cdot DR) - 10}$$

MGU = masse de grains secs du reste des pieds utiles

$$QG = (MGR + MGU) / 22.5$$

A N N E X E 3

CARACTERISTIQUES-SOLS
RECUEILLIES EN DEBUT ET FIN DE CYCLE

CARACTERISTIQUES-SOLSA DETERMINER POUR L'ETUDE DES EFFETS DE DIFFERENTES DOSES
D'AMENDEMENT CALCIQUE SUR UN SOL SODIQUE ACIDE (les lettres A et B suivront les
sigles des caractéristiques pour indiquer l'époque de leur mesure)

Numéros des variables	Sigles	Définitions (Toutes les mesures concernant les parcelles élémentaires au nombre de 72)	Fréquences des déterminations	Unités
201	A	Taux d'argile	Début 1er cycle Fin dernier cycle	%
203	LF	Taux de limons fins	"	"
205	LG	Taux de limons grossiers	"	"
207	SF	Taux de sables fins	"	"
209	SG	Taux de sables grossiers	"	"
211	IS	Indice d'instabilité structurale	Début et fin de chaque cycle	"
212	AGRE	Taux d'agregats à l'eau	"	%
213	AGRA	Taux d'agregats à l'alcool	"	"
214	AGRB	Taux d'agregats au Benzène	"	"
215	pF 4,2	Humidité au pF 4,2	Début du 1er cycle et fin du dernier	"
217	pF 3,0	Humidité au pF 3,0	"	"
219	pF 2,5	Humidité au pF 2,5	"	"
221	DAS	Densité apparente	Fin de chaque cycle	g/cm ³
223	DRS	" réelle	Début du 1er cycle et fin du dernier	g/cm ³
228	pHE	pH à l'eau	Début et fin de chaque cycle "	Unité pH
230	pHK	pH au KCl		"

232	CT	Carbone total	Début et fin de chaque cycle	°/∞∞
234	NT	Azote totale	"	"
236	PAT	Phosphore assimilable Truog	"	ppm
238	PAO	Phosphore assimilable Olsen	"	"
239	PT	Phosphore total	"	°/∞∞
241	CAE	Calcium échangeable	"	me %
243	MGE	Magnésium échangeable	"	"
245	KE	Potassium échangeable	"	"
247	NAE	Sodium échangeable	"	"
249	CEC	Capacité d'échange cationique	Début du 1er cycle et fin du dernier	"
251	CAT	Calcium total	"	"
253	MGT	Magnésium total	"	"
255	KT	Potassium total	"	"
257	NAT	Sodium total	"	"

A N N E X E 4

ANALYSE STATISTIQUE

ANALYSE DES DONNEES

L'expérimentation mise en place est du type à parcelles subdivisées deux fois.

Les facteurs principaux sont le facteur plante P et le facteur répétition B, à 3 niveaux chacun.

Le premier facteur subsidiaire à 4 niveaux est le facteur dose d'amendement calcique A.

Le second facteur subsidiaire à deux niveaux, S, n'est pas encore défini : il doit être pris en considération, néanmoins, en vue des analyses de covariance ultérieures.

Le modèle linéaire d'analyse de la variance, les formules de calcul et les différentes modalités de comparaison des variances des termes du modèle sont indiqués dans les tableaux 1, 2 et 3 ci-après.

Lorsqu'il s'agit des données plantes, de considérables différences peuvent exister cependant entre les valeurs de certaines d'entre-elles liées à la nature des espèces étudiées. Dans ces conditions, il semblerait plus logique de procéder à une analyse de variance par plante. Le modèle linéaire d'analyse de la variance est alors celui d'une expérimentation de type à parcelles subdivisées une fois. Le facteur " amendement calcique " devient facteur principal, comme le facteur répétition, et le facteur non-défini S reste le seul facteur subsidiaire potentiel. Ce modèle, les formules de calcul et les différentes modalités de comparaison des variances des termes du modèle sont indiqués dans les tableaux 4 et 5 ci-après.

Au niveau des calculs, des liens existent naturellement entre les calculs relatifs à l'analyse de variance par plante et ceux concernant l'analyse de variance de l'ensemble des données. Ces liens sont présentés dans le tableau 6.

Les informations à présenter pour l'interprétation scientifique sont finalement celles mentionnées sur les tableaux 7-1 à 7-7, et de 8-1 à 8-4.

Modèle linéaire, signification et estimation de ses termes

$$x_{ijkl} = \bar{x} + p_i + b_1 + e_{il} + a_j + (pa)_{ij} + e_{ijl} + s_k + (ps)_{ik} + (as)_{jk} + (pas)_{ijk} + e_{ijkl}$$

Termes du modèle	Significations	Degrés de liberté	Estimations
x_{ijkl}	Valeur de X soumise aux traitements P_i, A_j, S_k dans le bloc B_1	72	—
\bar{x}	Valeur moyenne de X	1	—
p_i	Effet de la $i^{\text{ème}}$ plante P_i	2	$\bar{x}_i - \bar{x}$
b_1	Effet de la $1^{\text{ème}}$ répétition B_1	2	$\bar{x}_1 - \bar{x}$
e_{il} *	Terme résiduel de comparaison de p_i et b_1	4	$\bar{x}_{i1} - \bar{x}_i - \bar{x}_1 + \bar{x}$
a_j	Effet de la $j^{\text{ème}}$ dose d'amendement calcique A_j	3	$\bar{x}_j - \bar{x}$
$(pa)_{ij}$	Interaction des variantes i et j des facteurs P et A	6	$\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x}$
e_{ijl} *	Terme résiduel de comparaison de a_j et $(pa)_{ij}$	18	$\bar{x}_{ijl} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i1} + \bar{x}_i$
s_k	Effet du $k^{\text{ème}}$ niveau du facteur subsidiaire S	1	$\bar{x}_k - \bar{x}$
$(ps)_{ik}$	Interaction des variantes i et k des facteurs P et S	2	$\bar{x}_{ik} - \bar{x}_i - \bar{x}_k + \bar{x}$
$(as)_{jk}$	Interaction des variantes j et k des facteurs A et S	3	$\bar{x}_{jk} - \bar{x}_j - \bar{x}_k + \bar{x}$
$(pas)_{ijk}$	Interaction des variantes i, j et k des facteurs P, A et S	6	$\bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{ik} - \bar{x}_{jk} + \bar{x}_i + \bar{x}_j + \bar{x}_k - \bar{x}$
e_{ijkl}	Terme résiduel de comparaison de s_k	24	$x_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ijl} + \bar{x}_{ij}$

* e_{il} représente l'interaction $(pb)_{il}$, e_{ijl} la somme des interactions $(ab)_{jl}$ et $(pab)_{ijl}$, e_{ijkl} la somme des interactions $(sb)_{kl}$, $(psb)_{ikl}$, $(asb)_{jkl}$ et $(pasb)_{ijkl}$.

2 - ANALYSE DE VARIANCE SUR L'ENSEMBLE DES DONNEES

Variances des termes du modèle - Tests F

Lorsque $s_{e1}^2 \approx s_{e2}^2 \approx s_{e3}^2$ on peut prendre comme variance résiduelle : $s_e^2 = (4 s_{e1}^2 + 18 s_{e2}^2 + 24 s_{e3}^2) / 46$

Lorsque $s_{e1}^2 \approx s_{e2}^2 \neq s_{e3}^2$ on peut prendre comme variance résiduelle pour les 2 premiers niveaux : $s_{e12}^2 = (4 s_{e1}^2 + 18 s_{e2}^2) / 22$

Lorsque $s_{e1}^2 \neq s_{e2}^2 \approx s_{e3}^2$ on peut prendre comme variance résiduelle pour les 2^{ème} et 3^{ème} niveaux : $s_{e23}^2 = (18 s_{e2}^2 + 24 s_{e3}^2) / 42$

Termes du modèle	Variances des termes	Tests F dans le cas où							
		s_{e1}^2, s_{e2}^2 et s_{e3}^2 sont différentes		s_{e1}^2, s_{e2}^2 et s_{e3}^2 sont équivalentes		s_{e1}^2 et s_{e2}^2 sont équivalentes		s_{e2}^2 et s_{e3}^2 sont équivalentes	
		F	ddl	F	ddl	F	ddl	F	ddl
p_i	$s_P^2 = 12 \cdot \sum_i p_i^2$	s_P^2 / s_{e1}^2	2 et 4	s_P^2 / s_e^2	2 et 46	s_P^2 / s_{e12}^2	2 et 22	s_P^2 / s_{e1}^2	2 et 4
b_l	$s_B^2 = 12 \cdot \sum_l b_l^2$	s_B^2 / s_{e1}^2	2 et 4	s_B^2 / s_e^2	2 et 46	s_B^2 / s_{e12}^2	2 et 22	s_B^2 / s_{e1}^2	2 et 4
e_{il}	$s_{e1}^2 = 2 \cdot \sum_{il} e_{il}^2$	-	-	-	-	-	-	-	-
a_j	$s_A^2 = 6 \cdot \sum_j a_j^2$	s_A^2 / s_{e2}^2	3 et 18	s_A^2 / s_e^2	3 et 46	s_A^2 / s_{e12}^2	3 et 22	s_A^2 / s_{e23}^2	3 et 42
$(pa)_{ij}$	$s_{PA}^2 = \sum_{ij} (pa)_{ij}^2$	s_{PA}^2 / s_{e2}^2	6 et 18	s_{PA}^2 / s_e^2	6 et 46	s_{PA}^2 / s_{e12}^2	6 et 22	s_{PA}^2 / s_{e23}^2	6 et 42
e_{ijl}	$s_{e2}^2 = \frac{1}{9} \cdot \sum_{ijl} e_{ijl}^2$	-	-	-	-	-	-	-	-
s_k	$s_S^2 = 36 \cdot \sum_k s_k^2$	s_S^2 / s_{e3}^2	1 et 24	s_S^2 / s_e^2	1 et 46	s_S^2 / s_{e3}^2	1 et 24	s_S^2 / s_{e23}^2	1 et 42
$(ps)_{ik}$	$s_{PS}^2 = 6 \cdot \sum_{ik} (ps)_{ik}^2$	s_{PS}^2 / s_{e3}^2	2 et 24	s_{PS}^2 / s_e^2	2 et 46	s_{PS}^2 / s_{e3}^2	2 et 24	s_{PS}^2 / s_{e23}^2	2 et 42
$(as)_{jk}$	$s_{AS}^2 = 3 \cdot \sum_{jk} (as)_{jk}^2$	s_{AS}^2 / s_{e3}^2	3 et 24	s_{AS}^2 / s_e^2	3 et 46	s_{AS}^2 / s_{e3}^2	3 et 24	s_{AS}^2 / s_{e23}^2	3 et 42
$(pas)_{ijk}$	$s_{PAS}^2 = \frac{1}{2} \cdot \sum_{ijk} (pas)_{ijk}^2$	s_{PAS}^2 / s_{e3}^2	6 et 24	s_{PAS}^2 / s_e^2	6 et 46	s_{PAS}^2 / s_{e3}^2	6 et 24	s_{PAS}^2 / s_{e23}^2	6 et 42
e_{ijkl}	$s_{e3}^2 = \frac{1}{24} \cdot \sum_{ijkl} e_{ijkl}^2$	-	-	-	-	-	-	-	-

3 - ANALYSE DE VARIANCE SUR L'ENSEMBLE DES DONNEES

Comparaisons des variances résiduelles des 3 niveaux

La comparaison des variances résiduelles des 3 niveaux de l'analyse générale s'effectue à l'aide du test de BARTLETT en calculant la quantité

$$X^2 = (1/c) \cdot (v \cdot \log_e \bar{s}^2 - \sum_i v_i \cdot \log_e s_i^2)$$

avec

$$c = 1 + \frac{1}{3(k-1)} \cdot \left(\sum_i \frac{1}{v_i} - \frac{1}{v} \right)$$

$$v = \sum_i v_i \quad \text{et} \quad \bar{s}^2 = \frac{\sum_i v_i \cdot s_i^2}{v}$$

Formules dans lesquelles

k représente le nombre de variances comparées

s_i^2 , la $i^{\text{ème}}$ variance comparée

v_i , le nombre de degrés de liberté de s_i^2

X^2 est à $k - 1$ degrés de liberté

On comparera ainsi successivement :

1/- au départ, s_{e1}^2 , s_{e2}^2 et s_{e3}^2 . Si, alors, $X_{123}^2 < 5,99$, on conclura à l'homogénéité des 3 variances et l'on prendra pour les tests F la variance moyenne

$$\bar{s}^2 = s_e^2 = (4 \cdot s_{e1}^2 + 18 \cdot s_{e2}^2 + 24 \cdot s_{e3}^2) / 46 ;$$

2/- ensuite, si $X_{123}^2 > 5,99$, s_{e1}^2 et s_{e2}^2 . Si, alors, $X_{12}^2 < 3,84$, on conclura à l'homogénéité des variances des deux premiers niveaux et l'on prendra pour les tests F relatifs aux facteurs P, B, A et AC la variance moyenne

$$\bar{s}^2 = s_{e12}^2 = (4 \cdot s_{e1}^2 + 18 \cdot s_{e2}^2) / 22 ;$$

3/- enfin, si $X_{123}^2 > 5,99$ et $X_{12}^2 > 3,84$, s_{e2}^2 et s_{e3}^2 .

Si alors $X_{23}^2 < 3,84$ on conclura à l'homogénéité des variances des deux derniers niveaux et l'on prendra pour les tests F relatifs aux facteurs A, AC, S, PS, AS et PAS la variance moyenne

$$\bar{s}^2 = s_{e23}^2 = (18 s_{e2}^2 + 24 s_{e3}^2) / 42$$

Si $X_{123}^2 > 5,99$ et si X_{12}^2 et $X_{23}^2 > 3,84$, les variances des 3 niveaux sont globalement différentes les unes des autres et alors les comparaisons s'effectueront comme indiqué dans le tableau 2.

Modèle linéaire, signification et estimation de ses termes

$$x_{(i)jkl} = \bar{x}_{(i)} + b_{(i)l} + a_{(i)j} + e_{(i)jl} + s_{(i)k} + (as)_{(i)jk} + e_{(i)jkl}$$

(l'indice i mis entre parenthèses indique que les calculs sont relatifs à la $i^{\text{ème}}$ plante)

Termes du modèle	Significations	Degrés de liberté	Estimations
$x_{(i)jkl}$	Valeur de X_i relative à la plante P_i soumise aux facteurs A_j et S_k dans le bloc B_l	24	
$\bar{x}_{(i)}$	Valeur moyenne générale de X_i	1	
$b_{(i)l}$	Effet de la $l^{\text{ème}}$ répétition B_l	2	$\bar{x}_{(i)l} - \bar{x}_{(i)}$
$a_{(i)j}$	Effet de la $j^{\text{ème}}$ dose d'amendement calcique A_j	3	$\bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)}$
$e_{(i)jl}$ *	Terme résiduel de comparaison de $b_{(i)l}$ et $a_{(i)j}$	6	$\bar{x}_{(i)jl} - \bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)l} + \bar{x}_{(i)}$
$s_{(i)k}$	Effet du $k^{\text{ème}}$ niveau du facteur subsidiaire S	1	$\bar{x}_{(i)k} - \bar{x}_{(i)}$
$(as)_{(i)jk}$	Interaction des variantes j et k des facteurs A et S.....	3	$\bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)k} + \bar{x}_{(i)}$
$e_{(i)jkl}$ *	Terme résiduel de comparaison de $s_{(i)k}$ et $(as)_{(i)jk}$	8	$x_{(i)jkl} - \bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)jl} + \bar{x}_{(i)j}$

* $e_{(i)jl}$ représente l'interaction $(ab)_{(i)jl}$, $e_{(i)jkl}$ la somme des interactions $(sb)_{(i)kl}$ et $(asb)_{(i)jkl}$.

5 - ANALYSE DE VARIANCE PAR PLANTE

Variances des termes du modèle - Tests F

(l'indice (i) indique que les données calculées sont relatives à la i^{ème} plante P)

Termes du modèle	Variances des termes	Tests F dans le cas où			
		s_{e1}^2 et s_{e2}^2 sont différentes		s_{e1}^2 et s_{e2}^2 sont équivalentes	
		F	ddl	F	ddl
$b_{(i)1}$	$s_{B(i)}^2 = 4 \cdot \sum_1 b_{(i)1}^2$	$F_{B(i)} = s_{B(i)}^2 / s_{e1(i)}^2$	2 et 6	$F_{B(i)} = s_{B(i)}^2 / s_{e(i)}^2$	2 et 14
$a_{(i)j}$	$s_{A(i)}^2 = 2 \cdot \sum_j a_{(i)j}^2$	$F_{A(i)} = s_{A(i)}^2 / s_{e1(i)}^2$	3 et 6	$F_{A(i)} = s_{A(i)}^2 / s_{e(i)}^2$	3 et 14
$e_{(i)jl}$	$s_{e1(i)}^2 = \frac{1}{3} \cdot \sum_{jl} e_{(i)jl}^2$	---	---	---	---
$s_{(i)k}$	$s_{S(i)}^2 = 12 \cdot \sum_k s_{(i)k}^2$	$F_{S(i)} = s_{S(i)}^2 / s_{e2(i)}^2$	1 et 8	$F_{S(i)} = s_{S(i)}^2 / s_{e(i)}^2$	1 et 14
$(as)_{(i)jk}$	$s_{AS(i)}^2 = \sum_{jk} (as)_{(i)jk}^2$	$F_{AS(i)} = s_{AS(i)}^2 / s_{e2(i)}^2$	3 et 8	$F_{AS(i)} = s_{AS(i)}^2 / s_{e(i)}^2$	3 et 14
$e_{(i)jkl}$	$s_{e2(i)}^2 = \frac{1}{8} \cdot \sum_{jkl} e_{(i)jkl}^2$	---	---	---	---

La comparaison de $s_{e1(i)}^2$ et de $s_{e2(i)}^2$ s'effectuera à l'aide du test de BARTLETT. Si $X_{1,2}^2 < 3,84$, on prendra alors pour variance résiduelle unique

$$s_{e(i)}^2 = (6 \cdot s_{e1(i)}^2 + 8 \cdot s_{e2(i)}^2) / 14$$

6 - RELATIONS ENTRE LES TERMES DES ANALYSES DE VARIANCE PAR PLANTE ET GÉNÉRALE

Analyses de variance par plante		Analyse de variance générale	
Termes du modèle	Formules	Termes du modèle	Correspondances avec les formules des A.d.v. par plante
$x_{(i)jkl}$	\longrightarrow	x_{ijkl}	
$\bar{x}_{(i)}$	\longrightarrow	\bar{x}	$= 1/3 \cdot \sum_i \bar{x}_{(i)}$
	\longrightarrow	p_i	$= \bar{x}_{(i)} - \bar{x}$
$b_{(i)l}$	$= \frac{\bar{x}_{(i)l} - \bar{x}_{(i)}}{1}$	b_l	$= 1/3 \cdot \sum_i b_{(i)l} = \bar{x}_l - \bar{x}$
	\longrightarrow	e_{il}	$= b_{(i)l} - b_l = \bar{x}_{il} - \bar{x}_i - \bar{x}_l + \bar{x}$
$a_{(i)j}$	$= \frac{\bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)}}{1}$	a_j	$= 1/3 \cdot \sum_i a_{(i)j} = \bar{x}_j - \bar{x}$
	\longrightarrow	$(pa)_{ij}$	$= a_{(i)j} - a_j = \bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x}$
$e_{(i)jl}$	$= \bar{x}_{(i)jl} - \bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)l} + \bar{x}_{(i)}$	e_{ijl}	$= e_{(i)jl} = \bar{x}_{ijl} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{il} + \bar{x}$
$s_{(i)k}$	$= \frac{\bar{x}_{(i)k} - \bar{x}_{(i)}}{1}$	s_k	$= 1/3 \cdot \sum_i s_{(i)k} = \bar{x}_k - \bar{x}$
	\longrightarrow	$(ps)_{ik}$	$= s_{(i)k} - s_k = \bar{x}_{ik} - \bar{x}_i - \bar{x}_k + \bar{x}$
$(as)_{(i)jk}$	$= \frac{\bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)k} + \bar{x}_{(i)}}{1}$	$(as)_{jk}$	$= 1/3 \cdot \sum_i (as)_{(i)jk} = \bar{x}_{jk} - \bar{x}_j - \bar{x}_k + \bar{x}$
	\longrightarrow	$(pas)_{ijk}$	$= (as)_{(i)jk} - (as)_{jk} = \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{ik} - \bar{x}_{jk} + \bar{x}_i + \bar{x}_j + \bar{x}_k - \bar{x}$
$e_{(i)jkl}$	$= x_{(i)jkl} - \bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)jl} + \bar{x}_{(i)j}$	e_{ijkl}	$= e_{(i)jkl} = x_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ijl} + \bar{x}_{ij}$

7-1 ANALYSE DE VARIANCE SUR L'ENSEMBLE DES DONNEES

INFORMATIONS UTILES POUR L'INTERPRETATION SCIENTIFIQUE
A FAIRE CALCULER ET IMPRIMER PAR L'ORDINATEUR

Pour mémoire { i = indice plante : i = 1, 2, 3
j = indice amendement calcique : j = 0, 1, 2, 3
k = indice 2^{ème} traitement subsidiaire : k = 1, 2
l = indice de répétition : l = 1, 2, 3

Données à calculer et imprimer

$\bar{x} \dots$

s_{e1}^2

$CV_1 \%$

$\bar{x}_1 \dots$

$p_1 \%$

$\bar{x}_2 \dots$

$p_2 \%$

$\bar{x}_3 \dots$

$p_3 \%$

s_p^2

F_p

$\bar{x} \dots 1$

$b_1 \%$

$\bar{x} \dots 2$

$b_2 \%$

$\bar{x} \dots 3$

$b_3 \%$

Informations complémentaires de celles
des tableaux 1, 2 et 3

$$CV_1 \% = 100 \cdot \frac{s_{e1}}{\bar{x} \dots}$$

$$p_i \% = 100 \cdot \frac{p_i}{\bar{x} \dots}$$

$$b_l \% = 100 \cdot \frac{b_l}{\bar{x} \dots}$$

7 - 2 - (1^{ère} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

$$s_B^2$$

$$F_B$$

$$s_{e2}^2$$

$$CV_2 \%$$

$$\bar{x}_{.0..}$$

$$a_0 \%$$

$$\bar{x}_{.1..}$$

$$a_1 \%$$

$$\bar{x}_{.2..}$$

$$a_2 \%$$

$$\bar{x}_{.3..}$$

$$a_3 \%$$

$$s_A^2$$

$$F_A$$

$$\bar{x}_{10..}$$

$$\bar{x}_{11..}$$

$$\bar{x}_{12..}$$

$$\bar{x}_{13..}$$

Informations complémentaires de celles des tableaux 1, 2 et 3

$$CV_2 \% = 100 \cdot \frac{s_{e2}^2}{\bar{x}_{....}}$$

$$a_j \% = 100 \cdot \frac{a_{.j..}}{\bar{x}_{....}}$$

7 - 3 - (2^{ème} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

$\bar{x}_{20..}$

$\bar{x}_{21..}$

$\bar{x}_{22..}$

$\bar{x}_{23..}$

$\bar{x}_{30..}$

$\bar{x}_{31..}$

$\bar{x}_{32..}$

$\bar{x}_{33..}$

s_{PA}^2

F_{PA}

s_{e3}^2

$CV_3 \%$

$\bar{x}_{..1.}$

$s_1 \%$

$\bar{x}_{..2.}$

$s_2 \%$

s_S^2

F_S

$\bar{x}_{1.1.}$

$\bar{x}_{1.2.}$

Informations complémentaires de celles des tableaux 1, 2 et 3

$$CV_3 \% = \frac{s_{e3}}{\bar{x}....}$$

$$s_k \% = 100. \frac{s_k}{\bar{x}....}$$

7 - 4 - (3^{ème} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

$\bar{x}_{2.1.}$

$\bar{x}_{2.2.}$

$\bar{x}_{3.1.}$

$\bar{x}_{3.2.}$

s_{PS}^2

F_{PS}

$\bar{x}_{.01.}$

$\bar{x}_{.02.}$

$\bar{x}_{.11.}$

$\bar{x}_{.12.}$

$\bar{x}_{.21.}$

$\bar{x}_{.22.}$

$\bar{x}_{.31.}$

$\bar{x}_{.32.}$

s_{AS}^2

F_{AS}

$\bar{x}_{101.}$

$\bar{x}_{102.}$

Informations complémentaires de celles des tableaux 1, 2 et 3

7 - 5 - (4^{ème} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

\bar{x}_{111} .

\bar{x}_{112} .

\bar{x}_{121} .

\bar{x}_{122} .

\bar{x}_{131} .

\bar{x}_{132} .

\bar{x}_{201} .

\bar{x}_{202} .

\bar{x}_{211} .

\bar{x}_{212} .

\bar{x}_{221} .

\bar{x}_{222} .

\bar{x}_{231} .

\bar{x}_{232} .

\bar{x}_{301} .

\bar{x}_{302} .

\bar{x}_{311} .

\bar{x}_{312} .

\bar{x}_{321} .

\bar{x}_{322} .

Informations complémentaires de celles
des tableaux 1, 2 et 3

7 - 6 - (5^{ème} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

$$\bar{x}_{331}$$

$$\bar{x}_{332}$$

$$s_{PAS}^2$$

$$F_{PAS}$$

$$X_{123}^2$$

$$s_e^2$$

$$CV \%$$

$$F_P$$

$$F_B$$

$$F_A$$

$$F_{PA}$$

$$F_S$$

$$F_{PS}$$

$$F_{AS}$$

$$F_{PAS}$$

$$X_{12}$$

$$s_{e12}^2$$

$$CV_{12} \%$$

Informations complémentaires de celles des tableaux 1, 2 et 3

Si $X_{123}^2 < 5,99$
on calculera alors $s_e^2 \dots etc \rightarrow F_{PAS}$

$$CV \% = 100 \cdot \frac{s_e}{\bar{x} \dots}$$

calculé si $X_{12}^2 > 5,99$
si $X_{12}^2 < 3,84$
on calculera alors $s_{e12}^2 \rightarrow F_{PA}$

$$CV_{12} \% = 100 \cdot \frac{s_{e12}}{\bar{x} \dots}$$

7 - 7 (6^{ème} suite au tableau 7-1)

Données à calculer et imprimer

F_P

F_B

F_A

F_{PA}

X₂₃²

s_{e23}²

CV₂₃ %

F_A

F_{PA}

F_S

F_{PS}

F_{AS}

F_{PAS}

Informations complémentaires de celles
des tableaux 1, 2 et 3

calculé si $X_{123}^2 > 5,99$

et si $X_{12}^2 > 3,84$

si alors $X_{23}^2 < 3,84$

on calculera $s_{e23}^2 \longrightarrow F_{PAS}$

$$CV_{23} \% = 100 \cdot \frac{s_{e23}}{\bar{x} \dots}$$

8-1 ANALYSE DE VARIANCE PAR PLANTE

INFORMATIONS UTILES POUR L'INTERPRETATION SCIENTIFIQUE
A FAIRE CALCULER ET IMPRIMER PAR L'ORDINATEUR



Pour mémoire { j = indice dose d'amendement calcique : j = 0,1,2 et 3
 { k = indice du traitement subsidiaire : k = 1, 2
 { l = indice de répétition : l = 1, 2 et 3



Données à imprimer

Remarques

x(i)011

x(i)021

x(i)111

x(i)121

x(i)211

x(i)221

x(i)311

x(i)321

x(i)012

x(i)022

x(i)112

x(i)122

x(i)212

x(i)222

x(i)312

x(i)322

x(i)013

x(i)023

x(i)113

x(i)123

x(i)213

Données à imprimer

Remarques

$x_{(i)223}$

$x_{(i)313}$

$x_{(i)323}$

$\bar{x}_{(i) \dots}$

$s_{e1(i)}^2$

$CV_{1(i)} \%$

$$CV_{1(i)} \% = 100 \cdot \frac{s_{e1(i)}^2}{\bar{x}_{(i) \dots}}$$

$\bar{x}_{(i) \dots 1}$

$b_{(i)1} \%$

$$b_{(i)1} \% = 100 \cdot \frac{b_{(i)1}}{\bar{x}_{(i) \dots}}$$

$\bar{x}_{(i) \dots 2}$

$b_{(i)2} \%$

$\bar{x}_{(i) \dots 3}$

$b_{(i)3} \%$

$s_B(i)^2$

$F_B(i)$

$\bar{x}_{(i)0 \dots}$

$a_{(i)0} \%$

$\bar{x}_{(i)1 \dots}$

$a_{(i)1} \%$

$$a_{(i)j} \% = 100 \cdot \frac{a_{(i)j}}{\bar{x}_{(i) \dots}}$$

$\bar{x}_{(i)2 \dots}$

$a_{(i)2} \%$

$\bar{x}_{(i)3 \dots}$

$a_{(i)3} \%$

8 - 3 (2^{ème} suite au tableau 8-1)

Données à imprimer

$$s_{A(i)}^2$$

$$F_{A(i)}$$

$$s_{e2(i)}^2$$

$$CV_{2(i)} \%$$

$$\bar{x}(i).1.$$

$$s(i)1 \%$$

$$\bar{x}(i).2.$$

$$s(i)2 \%$$

$$s_{S(i)}^2$$

$$F_{S(i)}$$

$$\bar{x}(i)01.$$

$$\bar{x}(i)02.$$

$$\bar{x}(i)11.$$

$$\bar{x}(i)12.$$

$$\bar{x}(i)21.$$

$$\bar{x}(i)22.$$

$$\bar{x}(i)31.$$

$$\bar{x}(i)32.$$

$$s_{AS(i)}^2$$

$$F_{AS(i)}$$

Remarques

$$CV_{2(i)} \% = 100 \cdot \frac{s_{2(i)}}{\bar{x}(i)..}$$

$$s(i)k \% = 100 \cdot \frac{s(i)k}{\bar{x}(i)k \dots}$$

8 - 4 (3^{ème} suite au tableau 8-1)

Données à imprimer

Remarques

x_{12}^2

s_{e12}^2

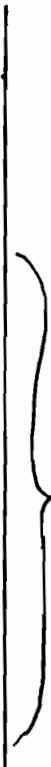
$CV_{12} \%$

$F_{B(i)}$

$F_{A(i)}$

$F_{S(i)}$

$F_{AS(i)}$



si x_{12}^2 3,84

9 - CORRELATIONS RESIDUELLES

Types d'analyse de variance		Termes résiduels	Formules	Nombres de		Nombres de ddl de *		
				termes	ddl	rxu	Fp ²	FNL
par plante	à parcelles subdivisées	$e_1 = e_{(i)j1}$	$= \bar{x}_{(i)j1} - \bar{x}_{(i)j} - \bar{x}_{(i)1} + \bar{x}_{(i)}$	12	6	5	-	-
		$e_2 = e_{(i)jkl}$	$= \bar{x}_{(i)jkl} - \bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)j1} + \bar{x}_{(i)j}$	24	8	7	2 et 6	1 et 6
	sans subdivision	$e_1 + e_2 = e_{12(i)jkl}$	$= \bar{x}_{(i)jkl} - \bar{x}_{(i)jk} - \bar{x}_{(i)1} + \bar{x}_{(i)}$	24	14	13	2 et 12	1 et 12
sur l'ensemble des 3 plantes	à parcelles subdivisées	$e_1 = e_{i1}$	$= \bar{x}_{i1} - \bar{x}_i - \bar{x}_1 + \bar{x}$	9	4	3	-	-
		$e_2 = e_{ij1}$	$= \bar{x}_{ij1} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{i1} + \bar{x}_i$	36	18	17	4 et 14	3 et 14
		$e_3 = e_{ijkl}$	$= \bar{x}_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij1} + \bar{x}_{ij}$	72	24	23	7 et 17	6 et 17
	sans subdivision ou à subdivisions partielles	$e_1 + e_2 = e_{12ij1}$	$= \bar{x}_{ij1} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_1 + \bar{x}$	36	22	21	4 et 18	3 et 18
		$e_2 + e_3 = e_{23ijkl}$	$= \bar{x}_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{i1} + \bar{x}_i$	72	42	41	7 et 35	6 et 35
		$e_1 + e_2 + e_3 = e_{123ijkl}$	$= \bar{x}_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_1 + \bar{x}$	72	46	45	7 et 39	6 et 39

* Le nombre de classes à prendre pour le calcul des rapports de corrélations et les tests de linéarité sera de :

- 3 pour les corrélations sur des couples de 24 résidus
- 5 ----- d° ----- 36 résidus
- 8 ----- d° ----- 72 résidus

10 - ANALYSES DE COVARIANCE - CALCULS DES VARIABLES AJUSTES

r_{xu} est le symbole du coefficient de corrélation entre X et U, b_{xu} celui du coefficient de régression de X sur U, U étant considérée comme covariable de X

Types d'analyse		Niveau(x) de l'analyse de variance au(x)quel(s) r_{xu} est significatif	Calcul de la variable ajustée : <u>quantités à soustraire de $x_{(i)jkl}$ ou de x_{ijkl}</u>
par plante	à parcelles subdivisées	au 1 ^{er} niveau.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{(i)j1} - \bar{u}_{(i)})$
		au 2 ^{ème} niveau.....	$b_{xu2} (u_{(i)jkl} - \bar{u}_{(i)j1})$
		aux deux niveaux à la fois.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{(i)j1} - \bar{u}_{(i)}) + b_{xu2} (u_{(i)jkl} - \bar{u}_{(i)j1})$
	sans subdivision	au niveau résiduel unique.....	$b_{xu} (u_{(i)jkl} - \bar{u}_{(i)})$
sur l'ensemble des 3 plantes	à parcelles subdivisées	au 1 ^{er} niveau.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{i1} - \bar{u})$
		au 2 ^{ème} niveau.....	$b_{xu2} (\bar{u}_{ij1} - \bar{u}_{i1})$
		au 3 ^{ème} niveau.....	$b_{xu3} (u_{ijkl} - \bar{u}_{ij1})$
		aux niveaux 1 et 2 à la fois.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{i1} - \bar{u}) + b_{xu2} (\bar{u}_{ij1} - \bar{u}_{i1})$
		aux niveaux 2 et 3 à la fois.....	$b_{xu2} (\bar{u}_{ij1} - \bar{u}_{i1}) + b_{xu3} (u_{ijkl} - \bar{u}_{ij1})$
		aux trois niveaux à la fois.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{i1} - \bar{u}) + b_{xu2} (\bar{u}_{ij1} - \bar{u}_{i1}) + b_{xu3} (u_{ijkl} - \bar{u}_{ij1})$
		à subdivisions partielles ou sans subdivision	au niveau moyen 1 (1 + 2).....
		au niveau moyen 2 (2 + 3).....	$b_{xu23} (u_{ijkl} - \bar{u}_{i1})$
		au niveau moyen général (1 + 2 + 3)	$b_{xu} (u_{ijkl} - \bar{u})$
		aux niveaux 3 et moyen 1.....	$b_{xu12} (\bar{u}_{ij1} - \bar{u}) + b_{xu3} (u_{ijkl} - \bar{u}_{ij1})$
		aux niveaux 1 et moyen 2.....	$b_{xu1} (\bar{u}_{i1} - \bar{u}) + b_{xu23} (u_{ijkl} - \bar{u}_{i1})$

II - ANALYSES DE (CO)VARIANCE PAR PLANTE. SEUILS DE SIGNIFICATION DES TESTS F

ELEMENTS TESTES		NOMBRES DE COVARIABLES							
		0		1		2		3	
		$Se_1^2 \neq Se_2^2$	$Se_1^2 \approx Se_2^2$ $rxu_1 \approx rxu_2$	$Se_1^2 \neq Se_2^2$	$Se_1^2 \approx Se_1^2$	$Se_1^2 \neq Se_2^2$	$Se_1^2 \approx Se_2^2$	$Se_1^2 \neq Se_2^2$	$Se_1^2 \approx Se_2^2$
FB	5 %	5,14	3,74	5,79	3,81	6,94	3,89	9,55	3,98
	1 %	10,90	6,51	13,30	6,70	18,00	6,93	30,80	7,21
	1 %.	27,00	11,80	36,60	12,30	61,20	13,00	148,00	13,80
FA	5 %	4,76	3,34	5,41	3,41	6,59	3,49	9,28	3,59
	1 %	9,78	5,56	12,10	5,74	16,70	5,95	29,50	6,22
	1 %.	23,70	9,73	33,20	10,20	56,20	10,80	141,00	11,60
FS	5 %	5,32	4,60	5,59	4,67	5,99	4,75	6,61	4,84
	1 %	11,30	8,86	12,20	9,07	13,70	9,33	16,30	9,65
	1 %.	25,40	17,10	29,20	17,80	35,50	18,60	47,00	19,70
FAS	5 %	4,07	3,34	4,35	3,41	4,76	3,49	5,41	3,59
	1 %	7,59	5,56	8,45	5,74	9,78	5,95	12,10	6,22
	1 %.	15,80	9,73	18,80	10,20	23,70	10,80	33,20	11,60

