

REPUBLIQUE FRANCAISE

Nouvelle-Calédonie et Dépendances

SERVICES RURAUX TERRITORIAUX

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Section Recherche

Laboratoires de Pédologie^x et d'Agronomie^{xx}

P. MAZARD
R. ARRIGHI

B. DENIS^x
B. BONZON^{xx}
V. CANTIE^{xx}
A. BOURGEOIS-DUCOURNAU^{xx}

ETUDE DE LA FERTILISATION NITRO-PHOSPHO-POTASSIQUE DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT
ET DE SES CONSEQUENCES SUR L'EVOLUTION DE LEURS CARACTERISTIQUES
PHYSIQUES ET CHIMIQUES

I

INFORMATIONS GÉNÉRALES

- 1 -

CADRE GENERAL DE L'ETUDE

DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

MODALITES DE PRESENTATION DES RESULTATS

--oOo--

AOUT 1980

1. - OBJECTIF ET CADRE DE L'ETUDE

L'étude de la fertilisation nitro-phospho-potassique du maïs sur vertisol et sur sol peu évolué d'apport et de ses conséquences sur l'évolution de leurs caractéristiques physiques et chimiques vise simultanément deux objectifs :

- . un objectif technique : l'adaptation des fumures NPK au cas du maïs cultivé sur vertisol et sur sol peu évolué d'apport ;
- . un objectif scientifique : la mise en évidence et la caractérisation de l'évolution des principaux facteurs de la fertilité de ces deux types de sol.

Pour ces raisons, l'étude intéresse à la fois les Services Ruraux Territoriaux et l'O.R.S.T.O.M. et fait l'objet d'une Convention Particulière entre eux qui s'inscrit dans le cadre plus large du Protocole Général d'Accord passé entre le Territoire et l'ORSTOM pour l'étude de la fertilité naturelle et de l'évolution sous cultures des sols de Nouvelle-Calédonie *.

Peu de travaux ont été conduits en effet jusqu'à ce jour sur le Territoire sur les besoins des cultures en éléments majeurs en fonction des types de sols cultivés et sur l'évolution consécutive de ces sols. D'un autre côté les céréales, le maïs notamment, prennent une extension importante depuis 1978 : 265 ha en 1978, 435 ha en 1979, 640 ha en 1980 (Rapport n° 40 d'août 1980, du Service de l'Agriculture à l'Assemblée Territoriale).

* Le Protocole Général d'Accord pour l'étude de la fertilité naturelle et de l'évolution sous cultures des sols de Nouvelles-Calédonie et la Convention Particulière pour l'étude de la fertilisation nitro-phospho-potassique du maïs sur vertisol et sur sol peu évolué d'apport et de ses conséquences sur l'évolution de leurs caractéristiques physiques et chimiques ont été approuvés par l'Assemblée Territoriale le 12 décembre 1979 (délibération n° 34) et signés par les Autorités du Territoire le 21 avril 1980.

2. - DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX

Les besoins en azote, en phosphore, et en potasse du maïs sur vertisol d'une part, et sur sol peu évolué d'autre part, sont étudiés à l'aide de deux dispositifs expérimentaux installés :

- . le premier, sur l'exploitation Jacques LOMBARDET, près de la rivière Nindia, à POUEMBOUT ;
- . le second, sur la propriété Pierre JAMIN, près de la rivière DOUENCHEUR, à BOURAIL.

Ces dispositifs sont des essais du type factoriel 3^3 à deux répétitions en blocs complets équilibrés.

Ils sont conduits de la même façon l'un et l'autre, les blocs et les parcelles étant organisés identiquement (mêmes dimensions, même dispersion alléatoire des traitements). Le dispositif de POUEMBOUT a été mis en place en mai 1980, celui de BOURAIL en mai 1979.

Cinq cycles de maïs vont se succéder en principe sur chaque dispositif, à raison d'un cycle par an, le premier cycle étant un test d'homogénéité sans engrais, le dernier cycle pouvant être lui aussi un deuxième test d'homogénéité.

Une plante de couverture occupe le terrain entre deux cycles.

Une irrigation d'appoint est pratiquée, "à la demande", afin de diminuer les risques de nivellement des effets des facteurs contrôlés par une sécheresse éventuelle.

2.1. - FACTEURS CONTROLES

Pour le second cycle les niveaux des trois facteurs principaux combinés factoriellement sont les suivants :

Facteurs contrôlés	Doses en Kg/ha pour les niveaux		
	0	1	2
Azote (N)	0	80	160
Phosphore (P_2O_5)	0	80	160
Potasse (K_2O)	0	100	200

Ces niveaux seront modifiés éventuellement lors des troisième et quatrième cycles en fonction des résultats acquis lors des second et troisième cycles.

La répartition des 27 combinaisons de ces trois facteurs principaux sur les deux répétitions de chaque essai est celle indiquée dans le tableau 1 ci-après.

Pour le premier cycle fertilisé, la nature et les doses d'engrais apportées sur chaque parcelle en fonction des niveaux correspondants des trois facteurs principaux sont précisées dans le tableau 2.

2.2. - DIMENSIONS DES PARCELLES - BORDURES

Les parcelles mesurent hors-tout 5,25 x 18 m, soit 94,5 m². L'essai occupe donc, allées non comprises, une surface de 5103 m². Les lignes de semis sont espacées de 0,75 m.

Chaque parcelle est limitée longitudinalement par deux lignes et comporte en plus deux lignes de bordure .

Les bordures latérales, aux deux extrémités des parcelles, ont 1,5 m de large.

Chaque parcelle "utile" pour l'expérimentation est donc constituée de 4 lignes de 15 m de long chacune occupant une surface "utile" de 45 m².

2.3. - MISE EN PLACE ET CONDUITE DES ESSAIS

La mise en place et la conduite des essais s'effectuent comme indiqué dans l'annexe I.

La désinfection du sol est réalisée avec du Lidane à la dose de 1,5 kg. m.a./ha.

Le désherbant est de l'Atrazine ou de la Cyamazine aux doses respectives de 2,5 kg. m.a./ha et 2 kg. m.a./ha.

En cours de végétation, des pesticides sont utilisés en cas de besoin.

La variété de maïs cultivée est le XL81.

La densité des semis recherchée sur la ligne est de 5 pieds par mètre, (soit 66 000 pieds/ha ou, pour la parcelle utile, de 300 pieds).

Les mesures et les observations effectuées en cours de végétation sont décrites dans l'annexe II.

Les traitements appliqués aux échantillons végétaux et les données recueillies finalement sur ces échantillons sont précisés également dans l'annexe II, ainsi que les déterminations agrologiques.

L'analyse statistique des variables recueillies et dérivées s'effectue selon les indications de l'annexe III.

Des modifications de détail peuvent être encore apportées à ce protocole durant le cours de l'étude. Elles seront précisées par des addenda numérotés.

3. - PRESENTATION DES RESULTATS

Afin de faciliter la présentation des résultats et le classement des documents, les rapports successifs seront numérotés à l'aide de deux nombres : le premier indiquera la nature générale des documents (cf. tableau ci-dessous), le second sa position chronologique.

Contenu des documents	Premier numéro de classement
- Description des dispositifs expérimentaux. - Addenda de précision ou de modification à ces dispositifs. - Questions d'intérêt général concernant la fertilisation NPK du maïs. - Synthèses partielles ou générales concernant les deux dispositifs à la fois.	I
- Résultats et synthèses partielles ou générales concernant l'étude sur sol peu évolué d'apport.	II
- Résultats et synthèses partielles ou générales concernant l'étude sur vertisol.	III

Le présent document est numéroté I.1 pour ces raisons.

Chaque document à venir comportera au début :

- une page de garde rappelant que l'étude fait l'objet d'une collaboration entre les Services Ruraux Territoriaux et l'ORSTOM ;
- la liste des documents de la même série publiés antérieurement.

I - REPARTITION DES DOSES D'ENGRAIS PAR PARCELLES

BLOC 1 - Première répétition

N° Parcelles	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Doses engrais	$N_1 P_2 K_1$	$N_1 P_0 K_2$	$N_1 P_2 K_2$	$N_1 P_1 K_1$	$N_1 P_1 K_0$	$N_1 P_0 K_0$	$N_2 P_1 K_0$	$N_2 P_1 K_0$	$N_2 P_2 K_1$
N° Parcelles	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Doses engrais	$N_0 P_1 K_0$	$N_0 P_1 K_2$	$N_1 P_2 K_0$	$N_0 P_2 K_2$	$N_2 P_1 K_2$	$N_0 P_0 K_0$	$N_1 P_1 K_2$	$N_0 P_2 K_1$	$N_1 P_0 K_1$
N° Parcelles	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Doses engrais	$N_0 P_0 K_2$	$N_0 P_0 K_1$	$N_0 P_1 K_1$	$N_2 P_0 K_0$	$N_2 P_2 K_0$	$N_0 P_2 K_0$	$N_2 P_2 K_2$	$N_2 P_1 K_1$	$N_2 P_0 K_2$

BLOC 2 - Deuxième répétition

N° Parcelles	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Doses engrais	$N_1 P_2 K_2$	$N_2 P_1 K_0$	$N_0 P_0 K_0$	$N_0 P_2 K_2$	$N_0 P_2 K_1$	$N_1 P_0 K_1$	$N_0 P_1 K_0$	$N_1 P_0 K_2$	$N_0 P_1 K_1$
N° Parcelles	37	38	39	40	41	42	43	44	45
Doses engrais	$N_2 P_2 K_0$	$N_1 P_2 K_0$	$N_1 P_2 K_1$	$N_2 P_0 K_2$	$N_1 P_0 K_0$	$N_1 P_1 K_1$	$N_2 P_0 K_1$	$N_0 P_0 K_2$	$N_1 P_1 K_0$
N° Parcelles	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Doses engrais	$N_2 P_1 K_2$	$N_2 P_2 K_1$	$N_0 P_2 K_0$	$N_2 P_1 K_1$	$N_1 P_1 K_2$	$N_2 P_0 K_0$	$N_0 P_0 K_1$	$N_0 P_1 K_2$	$N_2 P_2 K_2$

II - DOSES D'ENGRAIS A APPLIQUER

Type d'engrais	Dose 1 par parcelles	Dose 2 par parcelles	Poids total des engrais
Urée à 46% de N	1 kg 900 en deux fois	3 kg 800 en deux fois	103 kgs
Superphosphate triple à 45% de P_2O_5	1 kg 900	3 kg 800	103 kgs
Sulfate de Potasse à 48% de K_2O	2 kg 250	4 kg 500	122 kgs

ÉTUDE DE LA FERTILISATION NITRO-PHOSPHO-POTASSIQUE DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU ÉVOLUÉ D'APPORT
ET DE SES CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DE LEUR CARACTÉRISTIQUES
PHYSIQUES ET CHIMIQUES

--

I - 1

ANNEXE I

ORGANIGRAMME DES OPÉRATIONS DE TERRAIN

TEST D'HOMOGENEITE INITIALE		Observations communes au test d'homogénéité et aux cycles suivants	CYCLES SUCCESSIFS SUIVANTS	
Observations	Organigramme		Organigramme	Observations
Les bornes, extérieures à l'essai, resteront en place pour la durée de l'expérimentation (c.a.d. pendant 5 cycles)	Clôture ↓	2 passages de gyrobroyeur sur vertisol seulement 2 passages croisés	Gyrobroyage plante de couverture ↓	en prenant appui sur les bornes (0-20 cm)
	Gyrobroyage végétation originelle ↓		Soussolage ↓	
	Soussolage ↓		Déchaumage ↓	
	Déchaumage ↓		Piquetage des parcelles ↓	
	Bornage ↓	2 passages de pulvéri- seurs à Pouembout en prenant appui sur les bornes	Prélèvements agrologiques ↓	
	↓		Epandage des engrais P & K ↓	
	Labour à 20 cm ↓		Dépiquetage ↓	
	Hersage ↓		Labour à 20 cm ↓	
	Piquetage des parcelles ↓		Hersage ↓	
	Mesure profondeur de labour ↓		Piquetage des parcelles ↓	
Horizon (0-20) et (20-40) cm	Prélèvements agrolo- giques ↓	Test de germination et mesures du poids de 1000 grains à déterminer juste avant le semis	Mesure profondeur de labour ↓	
Lindane 1,5 kg.m.a./ha.	Désinfection du sol ↓		Epandage de 1'azote N/2 ↓	
	Semis et pulvérisation dés herbant ↓		Désinfection du sol ↓	Lindane 1,5 kg.m.a./ha.
			Semis et pulvérisation dés herbant ↓	

TEST D'HOMOGENEITE INITIALE		Observations communes au test d'homogénéité et aux cycles suivants	CYCLES SUCCESSIFS SUIVANTS	
Observations	Organigramme		Organigramme	Observations
	↓ Récolte des pieds de bordure ↓ Récolte des lignes de bordure ↓ Comptage nombres pieds de référence et des pieds des lignes utiles restant ↓ Fauche des 20 pieds de référence puis : -séparation et ensachage des épis, -pesée des tiges & feuilles -constitution échantillons de 1kg de matière fraîche -remise en place des résidus sur les parcelles ↓ Récolte et ensachage des épis des autres pieds des lignes utiles ↓ Dépiquetage ↓ Gyrobroyage végétation résiduelle ↓ Passage cover-crop ↓ Semis plantes de couverture (sans engrais)	(sur 1,5 m à chaque extrémité)	↓ Récolte des pieds de bordure ↓ Récolte des lignes de bordure ↓ Comptages nombres pieds de référence et des pieds des lignes utiles restant ↓ Fauche des 20 pieds de référence puis : -séparation et ensachage des épis, -pesée des tiges & feuilles -constitution échantillons de 1kg de matière fraîche -remise en place des résidus sur les parcelles ↓ Récolte et ensachage des épis des autres pieds des lignes utiles ↓ Dépiquetage ↓ Gyrobroyage végétation résiduelle ↓ Passage cover-crop ↓ Semis plante de couverture (sans engrais)	

**ÉTUDE DE LA FERTILISATION NITRO-PHOSPHO-POTASSIQUE DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU ÉVOLUÉ D'APPORT
ET DE SES CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DE LEURS CARACTÉRISTIQUES
PHYSIQUES ET CHIMIQUES**

--

I - 1

ANNEXE II

MESURES ET VARIABLES A ANALYSER

Ce document a pour but de préciser les données à recueillir (observations et mesures sur le terrain, mesures et analyses au laboratoire) pour atteindre les objectifs de l'étude.

L'inventaire des variables de base devant être - ou qui pourraient être - recueillies, et celui des variables à analyser qui en découlent - variables de base et/ou variables dérivées - ne sont évidemment pas exhaustifs. Par ailleurs, toutes les variables définies ne seront pas nécessairement mesurées ou calculées à chaque cycle, leur intérêt dépendant pour une large part de celui des interprétations qu'elles auront permises antérieurement.

1. - MESURES ET OBSERVATIONS SUR LE TERRAIN

1.1. - MESURE DE LA PROFONDEUR DE LABOUR

La profondeur de labour pourrait-être une covariable de nombreux paramètres sol et plantes. Sa détermination sera effectuée sur chaque parcelle, à chaque cycle, entre le hersage et le semis, à l'aide d'une planche de (Lxlxe) = (200 x 300 x 3) cm, percée de 5 trous espacés de 40 cm ($\emptyset$ 18 mm) et d'une tige en fer à béton de L = 60 cm et $\emptyset$ = 14 ou 16 mm. La tige sera enfoncée à la main, le fond du labour devant être atteint lorsque la résistance à l'enfoncement augmentera brutalement. 20 mesures de profondeur au moins seront faites sur chaque parcelle.

La planche sera disposée perpendiculairement au sens dans lequel la parcelle aura été labourée.

Dans le cas où cette technique de mesures s'avérerait difficile à utiliser, la profondeur de labour serait déterminée par observation directe en creusant une petite tranchée aux deux bouts de chaque parcelle.

1.2. - DENSITES DE SEMIS ET DE PLANTATION

La densité de semis sera mesurée à chaque cycle, au début et à la fin de l'opération selon la méthode la mieux adaptée au semoir utilisé (récolte, semoir relevé, des grains tombant dans une gouttière située sous les goulottes de semis sur un parcours de longueur connue par exemple.

La masse de grains semés par unité de surface $q \text{ g/m}^2$, la connaissance préalable du poids de 1000 grains GRU et de leur pouvoir germinatif $tg \%$ permettront de définir la densité de peuplement théorique au semis Ds (nombre de plants par mètre carré).

$$DS = 10. q. tg / GRU$$

1.3. - PEUPEMENT A LA LEVEE, UNE SEMAINE APRES LE DEMARIAGE ET A MI-CYCLE

Soient DL , DD et DM les densités de peuplement, en nombre de plants par m^2 , à la levée, une semaine après le démariage et à mi-cycle.

Ces densités appartiennent, naturellement, à l'ensemble des densités DX définies dans le tableau 1B (variables 5B à 9B).

Elles seront obtenues en comptant la totalité des plants de chaque parcelle utile (soient Nl , Nd , Nm , Nx ces nombres et SU la surface des parcelles utiles : $DL = Nl/SU$; $DD = Nd/SU$, ... etc.

Elles permettront :

- 1 - de définir l'efficacité du semis par le taux de levée réel

$$tl \% = 100. DL/DS$$

- 2 - d'estimer les immobilisations minérales à mi-cycle (tableau 1D, variables 4D à 11D) par unité de surface dans les feuilles prélevées (cf. paragraphe 2.1.) ;
- 3 - de suivre l'évolution du peuplement au cours de la culture ;
- 4 - de corriger les autres données plantes susceptibles d'être influencées par ce facteur.

1.4. - MESURES DE HAUTEUR

L'étude de la croissance en hauteur des plants de maïs doit permettre de prévoir très tôt l'influence des facteurs contrôlés.

Une semaine après le démariage, 20 plants par parcelle utile seront repérés par des piquets rouges placés à 10 cm de ces plants. Les emplacements des plants de référence auront été tirés au sort. Ils seront les mêmes sur chaque parcelle.

La hauteur des plants de maïs sera mesurée au moins tous les 15 jours du sol aux ligules de la dernière feuilles dégainée.

Ces mesures de hauteur forment naturellement un ensemble de données très étroitement liées et unies aux autres (tableau 1B, variables 10B à 13B).

Observations complémentaires

A l'occasion de ces mesures quelques examens de profils culturaux seront réalisés à la périphérie de l'essai pour suivre l'évolution du système racinaire, celles de l'état structural et de l'humidité du sol, ainsi que celle de l'état général de la végétation.

1.5. - PEUPEMENT A LA RECOLTE

A la récolte, on comptera, tant sur les plants de référence que sur les plants utiles restant, le nombre de plants à un seul épi, le nombre de plants à deux épis et celui sans épi. Ces informations permettront de définir autant de composantes du peuplement (tableau 2B, variables 23B à 28B et tableau 2D variables 12D à 19D). Elles seront utilisées pour l'estimation des composantes du rendement. A titre de contrôle le nombre de pieds de référence ainsi que le nombre de pieds utiles restant seront comptés eux aussi.

1.6. - PESEES DES PIEDS DE REFERENCE ET CONSTITUTION DES ECHANTILLONS DE TIGES ET FEUILLES DE 1 KG

Après avoir récolté et ensaché les épis des pieds de référence, ces derniers seront coupés au ras du sol, pesés (MTFHR) et débités en segments d'une vingtaine de centimètres de longueur. Sur chaque ensemble de pieds de référence ainsi débités, un échantillon de 1 kg de matière fraîche sera prélevé et ensaché.

Ces échantillons permettront de déterminer la teneur en matière sèche de la végétation résiduelle et d'estimer les restitutions organiques et minérales de la culture au sol (système racinaire non compris).

1.7. - MESURE DES DENSITES APPARENTES EN FIN DE CYCLE

La densité apparente d'un horizon (DA : PS/V) est une donnée qui varie non seulement d'un sol à l'autre mais aussi avec le travail du sol ; elle peut, de ce fait, être un paramètre intéressant pour mieux appréhender son évolution après un certain nombre de cycles culturaux.

Cette donnée de base permet par ailleurs de calculer à un instant donné la porosité totale du sol (cf. variables n° 202D, 203D) et sa réserve hydrique utile à différent pF (cf. variables n° 204D à 207D).

Pour son calcul, il est nécessaire d'avoir à la fois des résultats de mesures effectuées sur le terrain et de pesées effectuées au laboratoire (cf. 3.2.). Sur le terrain on obtient le volume V d'une cavité dont la terre a été recueillie dans un sac plastique numéroté et dont le poids sec PS ne peut être connu qu'au laboratoire (séchage à 105°C). Pour mesurer le volume V des 2 horizons (0/20 et 20/40 cm) de chacune des 54 parcelles, on utilisera un densitomètre à membrane.

1.8. - MESURE DE L'ACTIVITE BIOLOGIQUE TOTALE EN FIN DE CYCLE

L'activité biologique totale est l'appréciation globale de la vie microbienne du sol ; cette dernière est fonction de l'humidité du sol et de son aération mais aussi de la teneur du sol en matière organique totale et des quantités des éléments échangeables et assimilables. C'est donc un paramètre qu'il peut être intéressant de mesurer à un moment donné pour suivre l'évolution de sa valeur au cours des différents cycles culturaux et pour le corrélérer à différents paramètres physiques et chimiques (recherche d'un test de fertilité naturelle des sols).

Sa mesure s'effectue à l'aide d'une cloche hermétiquement fermée et enfoncée dans le sol d'une dizaine de centimètres. On mesure le volume de CO₂ dégagé pendant un temps donné ce qui permet de calculer la quantité en mg de CO₂ dégagée par m² et par heure.

Les mesures sur les 54 parcelles seront effectuées au même moment de la journée pour tenir compte des variations des dégagements de CO₂ entre le matin et le soir. Sur chaque parcelle, on réalisera deux mesures successives.

2 - DETERMINATIONS EFFECTUEES AU LABORATOIRE SUR LES ECHANTILLONS VEGETAUX RECOLTES EN COURS DE CYCLE ET A LA RECOLTE

2.1. - DETERMINATIONS EFFECTUEES SUR LES FEUILLES RECOLTEES A MI-CYCLE

A mi-cycle 40 feuilles seront prélevées sur chaque parcelle, à raison d'une feuille par plant sur des pieds tirés au hasard parmi les pieds utiles restant. La position de ces feuilles sera définie à partir de celle des épis. Le tirage au hasard sera le même pour chaque parcelle.

Ces échantillons subiront les traitements successifs suivants :

- (1) Mise en sac de toile
- ↓
- (2) Transport au laboratoire
- ↓
- (3) Hachage sommaire et mise en paniers métalliques
- ↓
- (4) Etuvage (48h. à 105°C)
- ↓
- (5) Pesée des 40 feuilles sèches
(détermination de PFU, tableau 1B, variable 14B)
- ↓
- (6) Hachage fin
- ↓
- (7) Broyage
- ↓
- (8) Partition
- ↓
- (9) Homogénéisation
- ↓
- (10) Conditionnement
- ↓
- (11) Analyses minérales
(détermination des teneurs en P,P,K, Ca, Mg, Fe, Al, TNFU, TPFU, ... etc, cf. tableau 1B, variables 15B à 22B).

Les trois premières opérations devront être les plus brèves possibles.

Les variables de base PFU, TNFU, TPFU, ... TALFU, permettront d'estimer de nouvelles données : QFU, QNFU, QPFU, ... Q (cf. tableau 1D, variables 3D à 11D) relatives aux immobilisations minérales par unité de surface à ce niveau-là de la végétation.

2.2. - DETERMINATIONS EFFECTUEES APRES LA RECOLTE

2.2.1. - Déterminations effectuées sur les épis récoltés sur les 20 pieds de référence (le nombre exact de pieds de référence est NPR)

Après leur prélèvement et leur ensachage (cf. paragraphe 1.6.) les épis des pieds de référence subiront les traitements successifs suivants :

- (1) Transport au laboratoire
- ↓
- (2) Comptage à l'arrivée
(contrôle)
- ↓
- (3) Elimination des spathes
- ↓
- (4) Séchage au tunnel à I.R.
(24h. à 40-45°C)
- ↓
- (5) Egrenage
- ↓
- (6) Séchage à l'étuve
(48h. à 105°C)
- ↓
- (7) Pesée des grains secs (MGR)
- ↓
- (8) Comptage et pesée de 1000 grains (GRU)
- ↓
- (9) Concassage
- ↓
- (10) Broyage
- ↓
- (11) Partition
- ↓
- (12) Homogénéisation
- ↓
- (13) Conditionnement
- ↓
- (14) Analyses minérales
(teneurs des grains en N,P,K, Ca, Mg, Na, Fe, Al)

Les données recueillies, NPR (nombre exact de pieds de référence), NP1R, NP2R (nombre de pieds fertiles à 1 et 2 épis), MGR (poids des grains secs), GRU (poids de 1000 grains) permettront d'estimer :

- le poids de grains par pieds de référence PGR (variable 24D),
- le poids de grains par pieds de référence fertile PORF (variable 25D),
- le nombre de grains par épi, NGER (variable 26D).

2.2.2. - Déterminations effectuées sur les épis
récoltés sur les pieds utiles restant
(dont le nombre exact est NPU)

Après leur récolte les épis des pieds utiles restant subiront les traitements successifs suivants :

- (1) Transport au laboratoire
- (2) Comptage à l'arrivée
(contrôle)
- (3) Elimination des spathes
- (4) Séchage à l'air libre
- (5) Egrénage
- (6) Pesée des grains frais (MGUH)
- (7) Prélèvement d'un kg de grains frais
- (8) Séchage à l'étuve des échantillons
(48h. à 105°C) et déterminations de la teneur
en matière sèche TMSGU des grains et du ren-
dement sec MGU = $MGUH \times TMSGU$.

Les données recueillies, NPU (nombre exacte de pieds utiles restants), NP1U, NP2U (nombre de pieds utiles fertiles à 1 et 2 épis) MGU (poids de grain sec des pieds utiles restant) et GRU (poids de 1000 grains - cf. paragraphe précédent) permettront d'estimer :

- le poids de grains par pieds utile restant PGU (variable 27D)
- le poids de grains par pied utile restant fertile PGUF (variable 28D)
- le nombre de grains par épis NGEU (variable 29D).

Combinées avec les données recueillies sur les pieds de référence, les données obtenues sur les pieds utiles restant permettront de calculer les données dérivées suivantes :

- le poids de grains par pied fertile (variable 29D)
- le nombre de grains par épis (variable 30D)
- le nombre de grains par pied fertile (variable 31D)
- le poids de grains par plant (variable 32D)
- le nombre de grains par plant (variable 33D)
- le rendement par unité de surface (variable 34D)
- les exportations en azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium etc... par les grains (QGN, QGP, ... QGAL (variables 35D à 41D).

2.2.3. - Déterminations effectuées sur les échantillons prélevés sur les pieds de référence

Les échantillons de 1 kg de tiges et feuilles constitués sur les pieds de référence (cf. paragraphe 1.6.), subiront les traitements suivants :

- (1) Transport au laboratoire
- (2) Séchage à l'étuve
(48h. à 105°C)
- (3) Pesée (MTFS)
(détermination de la teneur en matière sèche
des tiges et feuilles)
- (4) $TMSTF = \frac{MTFS}{10} \%$
- (5) Hachage
- (6) Broyage
- (7) Homogénéisation
- (8) Conditionnement
- (9) Analyses minérales
(détermination des teneurs : en : azote TNMF, etc...)

La mesure du poids de matière fraîche des tiges et feuilles des 20 pieds de référence et les données ci-dessus recueillies au laboratoire permettront d'estimer :

- la masse résiduelle sèche d'un plant (variable 41B)
- la masse résiduelle de la culture par unité de surface (variable 42D)
- les masses d'éléments minéraux restitués au sol par les tiges et feuilles en fin de culture par unité de surface (variables 43D à 48D).

3 - DETERMINATIONS EFFECTUEES AU LABORATOIRE SUR LES ECHANTILLONS DE SOL EN PROVENANCE DE CHAQUE PARCELLE

3.1. - DETERMINATIONS EFFECTUEES SUR LES ECHANTILLONS AGRONOMIQUES PRELEVES EN DEBUT ET EN FIN DE CYCLE

3.1.1. - Technique de prélèvement

Sur chaque parcelle, 5 prélèvements sont effectués à deux profondeurs (0/20 cm et 20/40 cm) ; ils sont situés sur une des diagonales en

début de cycle et sur l'autre diagonale en fin de cycle. Les 1er et 5ème prélèvements sont distants d'au moins 1 mètre de chacune des limites de la parcelle.

Pour ce faire, on utilise des sondes de 9 cm de diamètre que l'on enfonce à la masse jusqu'à la profondeur désirée. L'enfoncement vertical est facilité par le passage de la sonde à travers une planche de 5 cm d'épaisseur elle-même fixée dans le sol par 4 broches enfoncées obliquement. Pour éviter les esquilles de bois, un petit rond de bois avec joint de caoutchouc est placé à l'intérieur du tube avant l'enfoncement et enlevé au moment de recueillir la carotte de sol.

Les prélèvements aux deux profondeurs sont effectués à la suite l'un de l'autre selon la même verticale. Deux sacs plastiques numérotés (numéros de l'essai, de la parcelle et de la profondeur ; exemple 2 14 1) permettent le transport des prélèvements réalisés jusqu'au laboratoire ; cette numérotation est effectuée avant les prélèvements et chacun des sacs est placé sur la parcelle correspondante pour éviter toute erreur.

3.1.2. - Traitement au laboratoire avant analyses

Ces échantillons subiront les traitements successifs suivants :

- (1) Etalage de la terre dans des plateaux en bois
- (2) Séchage dans des tunnels I.R.
(48h. à 38-40°C)
- (3) Broyage et tamisage à 2 mm
- (4) Pesée de la terre fine et du refus
- (5) Partition
- (6) Conditionnement
- (7) Broyage et tamisage d'une partie à 200 μ
- (8) Déterminations physiques et chimiques

3.1.3. - Déterminations effectuées au laboratoire

Au début du 1er cycle et à la fin du 5ème cycle, seront réalisés des bilans analytiques portant sur l'ensemble des données de base répertoriées dans les tableaux 4B et suivants sous les numéros 201B à 251B.

Par contre, de la fin du 1er cycle au début du 5ème cycle, seules certaines données de base du sol seront prises en considération ; ce seront celles qui sont habituellement estimées comme pouvant subir des variations suffisamment importantes d'un cycle à l'autre pour être notables. Ces données sont répertoriées sous les numéros d'ordre 211B à 214B, 228B à 238B, 241B à 248B.

Certaines de ces analyses seront réalisées au laboratoire du CREA à Nessadiou (Nouvelle-Calédonie), d'autres aux laboratoires scientifiques de l'ORSTOM à Bondy (France), la majorité enfin au laboratoire commun du Centre ORSTOM de Nouméa. Pour permettre un suivi dans les méthodes analytiques, chaque laboratoire effectuera les mêmes déterminations pendant la durée totale de l'essai avec les mêmes techniques.

3.2. - DETERMINATIONS EFFECTUEES SUR LES ECHANTILLONS PRELEVES AU COURS DES MESURES DE DENSITE APPARENTE

Après les mesures de terrain (cf. 1.7.), les échantillons récoltés pour chacune des 54 parcelles seront ramenés au laboratoire et subiront les traitements suivants :

- (1) Pesée des échantillons prélevés en sac plastique à l'état humide
- ↓
- (2) Pesée des boîtes à tare (sol humide)
- ↓
- (3) Pesée des boîtes à tare (sol sec)
(après passage à 105°C pendant 48h.)
- ↓
- (4) Calcul de l'humidité pondérale
(données 236B, 227B)
- ↓
- (5) Calcul du poids de terre sèche des échantillons
prélevés en sacs plastiques
- ↓
- (6) Calcul de la densité apparente sèche
(données 231B, 222B).

**TABLEAU 1 B - VARIABLES DE BASE "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.**

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
0B	Surface utile des parcelles	SU	45 m ²	m ²
1B	Profondeur de labour	HLAB		cm
2B	Masse de grains semés par unité de surface	q		g/m ²
3B	Pouvoir germinatif des grains	tg		%
4B	Poids de 1000 grains	GRU		g
5B	Densité du peuplement au xième jour depuis le semis	DX		nbre/m ²
6B	" à la levée	DL	peut aussi être notée DX	"
7B	" après le démariage	DD	"	"
8B	" à mi-cycle	DM	"	"
9B	" à la récolte	DR	"	"
10B	Hauteur des plants au xième jour depuis le semis	HX		cm
11B	" au démariage	HD	peut aussi être notée HX	"
12B	" à mi-cycle	HM	"	"
13B	" à la récolte	HR	"	"
14B	Poids moyen de matière sèche de la feuille de référence à mi-cycle	PFU		g/plant
15B	Teneur en azote de la feuille de référence à mi-cycle	TNFU		%
16B	" phosphore "	TPFU		"
17B	" potassium "	TKFU		"
18B	" calcium "	TCAFU		"
19B	" magnésium "	TMGFU		"

**TABEAU 2B - VARIABLES DE BASE "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.**

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
20B	Teneur en sodium de la feuille de référence à mi-cycle	TNAFU		%
21B	" fer "	TFEFU		ppm
22B	" aluminium "	TALFU		ppm
23B	Nombre de plants de référence à 1 épi	NP 1R		nbre
24B	" 2 épis	NP 2R		"
25B	" sans épi	NP OR		"
26B	Nombre de plants utiles restants à 1 épi	NP 1U		"
27B	" 2 épis	NP 2U		"
28B	" sans épi	NP OU		"
29B	Nombre de plants de référence à la récolte	NP R	Mesurés directement	"
30B	" utiles restants	NP U	"	"
31B	Masse des grains secs des pieds de référence	MGR		g
32B	Teneur en azote des grains des pieds de référence	TN GR		%
33B	" phosphore "	TP GR		"
34B	" potassium "	TK GR		"
35B	" calcium "	TCA GR		"
36B	" magnésium "	TMG GR		"
37B	" sodium "	TNA GR		"
38B	" fer "	TFE GR		ppm
39B	" aluminium "	TAL GR		"

**TABLEAU 3B - VARIABLES DE BASE "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.**

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
40B	Masse des grains secs des pieds utiles restants	MGU		g
41B	Masse résiduelle sèche d'un plant en fin de culture	PTFS		g/plant
42B	Teneur en azote des tiges et feuilles en fin de culture	TNTF		%
43B	" phosphore "	TPTF		"
44B	" potassium "	TKTF		"
45B	" calcium "	TCATF		"
46B	" magnésium "	TMGTF		"
47B	" sodium "	TNATF		"

TABLEAU 4B - VARIABLES DE BASE " SOL " POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
201B	Teneur en argile de l'horizon 0/20 cm	ARG 1X		%
202B	" " 20/40 cm	ARG 2X		"
203B	Teneur en limons fins " 0/20 cm	LF 1X	Dans les sigles	"
204B	" " 20/40 cm	LF 2X	des paramètres "Sol"	"
205B	Teneur en limons grossiers " 0/20 cm	LG 1X	Le symbole X est remplacé par A s'il s'agit de données caractérisant un début de cycle et par B s'il s'agit de données caractérisant une fin de cycle.	"
206B	" " " 20/40 cm	LG 2X		"
207B	Teneur en sables fins " 0/20 cm	SF 1X		"
208B	" " " 20/40 cm	SF 2X		"
209B	Teneur en sables grossiers " 0/20 cm	SG 1X		"
210B	" " " 20/40 cm	SG 2X		"
211B	Indice d'instabilité structurale de l'horizon 0/20 cm	IS 1X		-
212B	Taux d'agrégats à l'eau " "	AGRE 1X		%
213B	" à l'alcool " "	AGRA 1X	Chaque sigle sera suivi du numéro de l'année de prélèvements soit par exemple :	"
214B	" au benzène " "	AGRB 1X		"
215B	Humidité à pF 4.2 de l'horizon 0/20 cm	PF 4.2 1X		"
216B	" " 20/40 cm	PF 4.2 2X		"
217B	Humidité à pF 3.0 " 0/20 cm	PF 3.0 1X		"
218B	" " 20/40 cm	PF 3.0 2X		"
219B	Humidité à pF 2.5 " 0/20 cm	PF 2.5 1X	AGR 1 A - 80 -	"
220B	" " 20/40 cm	PF 2.5 2X		"

TABLEAU 5B - VARIABLES DE BASE " SOL " POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
221B	Densité apparente de l'horizon 0/20 cm	DA 1X		g/cm ³
222B	" " 20/40 cm	DA 2X		"
223B	Densité réelle " 0/20 cm	DR 1X		"
224B	" " 20/40 cm	DR 2X		"
225B	Activité biologique totale " 0/20 cm	ABT 1X		mg CO ₂ /m ²
226B	Humidité pondérale " 0/20 cm	HP 1X		%
227B	" " 20/40 cm	HP 2X		%
228B	pH eau " 0/20 cm	PHE 1X		unité pH
229B	" " 20/40 cm	PHE 2X		"
230B	pH Kcl " 0/20 cm	PHK 1X		"
231B	" " 20/40 cm	PHK 2X		"
232B	Carbone total de l'horizon 0/20 cm	CT 1K		%
233B	" " 20/40 cm	CT 2X		"
234B	Azote total " 0/20 cm	NT 1X		"
235B	" " 20/40 cm	NT 2X		"
236B	Phosphore assimilable Truog horizon 0/20 cm	PAT 1X		(ppm)
237B	" " 20/40 cm	PAT 2X		"
238B	" Olsen " 0/20 cm	PAO 1X		"
239B	Phosphore total " 0/20 cm	PT 1X		%
240B	" " 20/40 cm	PT 2X		"
241B	Calcium échangeable " 0/20 cm	CAE 1X		me %

TABLEAU 6B - VARIABLES DE BASE " SOL " POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	OBSERVATIONS	UNITES
242B	Calcium échangeable de l'horizon 20/40 cm	CAE 2X		me %
243B	Magnésium échangeable " 0/20 cm	MGE 1X		"
244B	" " 20/40 cm	MGE 2X		"
245B	Potassium échangeable " 0/20 cm	KE 1X		"
246B	" " 20/40 cm	KE 2X		"
247B	Sodium échangeable " 0/20 cm	NAE 1X		"
248B	" " 20/40 cm	NAE 2X		"
249B	Capacité d'échange cationique " 0/20 cm	CEC 1X		"
250B	" " " 20/40 cm	CEC 2X		"
251B	Calcium total " 0/20 cm	CAT 1X		"
252B	" " 20/40 cm	CAT 2X		"
253B	Magnésium total de l'horizon 0/20 cm	MGT 1X		"
254B	" " 20/40 cm	MGT 2X		"
255B	Potassium total " 0/20 cm	KT 1X		"
256B	" " 20/40 cm	KT 2X		"
257B	Sodium total " 0/20 cm	NAT 1X		"
258B	" " 20/40 cm	NAT 2X		"

**TABLEAU 1D - VARIABLES DERIVEES "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.**

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
1 D	Densité de peuplement théorique au semis	DS	$DS = 10. q. tg/GRU$	2B, 3B, 4B	Nbre/m ²
2 D	Taux de levée réelle	TL	$TL = 100. DL/DS$	1D, 6B	%
3 D	Poids de matière sèche des feuilles de référence par unité de surface.	QFU	$QFU : PFU . DM$	14B, 8B	g/m ²
4 D	Immobilisation en azote par m ² dans les feuilles de référence.	QNFU	$QNFU = TNFU . QFU/100$	15B, 3D	g/m ²
5 D	" " phosphore " "	QPFU	$QPFU = TPFU . QFU/100$	16B, 3D	"
6 D	" " potassium " "	QKFU	$QKFU = TKFU . QFU/100$	17B, 3D	"
7 D	" " calcium " "	QCAFU	$QCAFU = TCAFU . QFU/100$	18B, 3D	"
8 D	" " magnésium " "	QMGFU	$QMGFU = TMGFU . QFU/100$	19B, 3D	"
9 D	" " sodium " "	QNAFU	$QNAFU = TNAFU . QFU/100$	20B, 3D	"
10 D	" " fer " "	QFEFU	$QFEFU = TFEFU . QFU/100$	21B, 3D	"
11 D	" " aluminium " "	QALFU	$QALFU = TALFU . QFU/100$	22B, 3D	"
12 D	Densité des plants à 1 épi	DF1	$DF1 = (NPIR + NPIU) / SU$	23B, 26B, OB	Nbre/m ²
13 D	" " " " 2 "	DF2	$DF2 = (NP2R + NP2U) / SU$	24B, 27B, OB	"
14 D	" " " " 0 "	DFO	$DFO = (NPOR + NPOU) / SU$	25B, 28B, OB	"

TABLEAU 2D - VARIABLES DERIVEES "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
15 D	Densité des plants fertiles	DF	$DF = DF1 + DF2$	12D, 13D,	Nbre/m ²
16 D	Pourcentage de plants à 1 épi	I1	$I1 = 100. DF1 / DR$	12D, 9B	%
17 D	" " 2 épis	I2	$I2 = 100. DF2 / DR$	13D, 9B	%
18 D	" " infertiles	IO	$IO = 100. DFO / DR$	14D, 9B	%
19 D	" " fertiles	IF	$IF = I1 + I2$	16D, 17D	%
20 D	Nombre de plants de référence à la récolte	NPR	$NPR = NP1R + NP2P + NPOR$	23B, 24B, 25B	Nbre
21 D	Nombre de plants utiles restant à la récolte	NPU	$NPU = NP1U + NP2U + NPOU$	26B, 27B, 28B	"
22 D	Nombre de plants des parcelles utiles à la récolte.	NPT	$NPT = NPR + NPU$	20D, 21D	"
23 D	Densité de peuplement à la récolte (pour contrôle)	DR	$DR = NPT / SU$	22D, 0B	Nbre/m ²
24 D	Poids de grains par pied de référence	PGR	$PGR = MGR / NPR$	31D, 29B	g/plant
25 D	Poids de grains par pied de référence fertile	PGRF	$PGRF = MGR / (NP1R + 2. NP2R)$	31B, 23B, 24B	"
26 D	Nombre de grains par épi de pieds de référence	NGER	$NGER = 1000. MGR/GRU(NP1R+2.NP2R)$	31B, 4B, 23B, 24B	nbre/épi
27 D	Poids de grains par pied utile restant	PGU	$PGU = MGU / NPU$	40B, 30B	g/plant
28 D	Poids de grains par pied utile fertile	PGUF	$PGUF = MGU/NP1U + 2.NP2U)$	40B, 26B, 27B	"

TABLEAU 3D - VARIABLES DERIVEES "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
29 D	Poids de grains par pied fertile	PGF	$PGF = 100 \cdot (MGR + MGU) / IF \cdot DR \cdot SU$	31B, 40B, 19D, 9B, 0B	g/plant
30 D	Nombre de grains par épi	NGE	$NGE = 10 \cdot 000 (MGR + MGU) / (11 + 2 \cdot 12) \cdot DR \cdot SU \cdot GRU$	31B, 40B, 16D, 17D, 9B, 0B	nbre/épi
31 D	Nombre de grains par pied fertile	NGPF	$NGPF = 10^3 \cdot PGF / GRU$	29D, 4B	nbre/plant
32 D	Poids de grains par plant	PG	$PG = (MGR + MGU) / DR \cdot SU$	31B, 40B, 9B, 0B	g/plant
33 D	Nombre de grains par plant	NGP	$NGP = 10^3 \cdot PG / GRU$	32D, 4B	nbre/plant
34 D	Rendement par unité de surface	QG	$QG = (MGR + MGU) / SU$	31B, 40B, 0B	g/m ²
35 D	Exportation d'azote par les grains	QGN	$QGN = TMGR \cdot QG / 100$	32B, 34D	"
36 D	" phosphore "	QGP	$QGP = TPGR \cdot QG / 100$	33B, 34D	"
37 D	" potassium "	Q GK	$Q GK = TKGR \cdot QG / 100$	34B, 34D	"
38 D	" calcium "	Q GCA	$Q GCA = TCAGR \cdot QG / 100$	35B, 34D	"
39 D	" magnésium "	Q GMG	$Q GMG = TMGER \cdot QG / 100$	36B, 34D	"
40 D	" fer "	Q FEG	$Q FEG = TFEGR \cdot QG / 100$	37B, 34D	"
41 D	" aluminium "	Q ALG	$Q ALG = TALGR \cdot QG / 100$	38B, 34D	"
42 D	Masse résiduelle sèche enfouie en fin de culture	QTFS	$QTFS = PTFS \cdot DR$	41B, 9B	g/m ²

TABLEAU 4D - VARIABLES DERIVEES "PLANTE" POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAIS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
43 D	Masse d'azote restituée en fin de culture	QNTF	$QNTF = TNTF \cdot QTFS / 100$	42B, 42D	g/m^2
44 D	" phosphore "	QPTF	$QPTF = TPTF \cdot QTFS / 100$	43B, 42D	"
45 D	" potassium "	QKTF	$QKTF = TKTF \cdot QTFS / 100$	44B, 42D	"
46 D	" calcium "	QCATF	$QCATF = TCATF \cdot QTFS / 100$	45B, 42D	"
47 D	" magnésium "	QMGTF	$QMGTF = TMGTF \cdot QTFS / 100$	46B, 42D	"
48 D	" sodium "	QNATF	$QNATF = TNATF \cdot QTFS / 100$	47B, 42D	"

TABLEAU 5D- VARIABLES DERIVEES " SOL " POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
201 D	Taux moyen d'agrégats de l'horizon 0/20 cm	AGRM 1X	$(AGRE + AGRA + AGRB) / 3$	212B, 213B, 214B	%
202 D	Porosité totale	PT 1X	$100 (1 - DA/DK)$	221B, 223B	%
203 D	" 20/40 cm	PT 2X	"	222B, 224B	%
204 D	Réserve hydrique utile à PF 3.0 " 0/20 cm	RU 3.0 1X	$2 DA (PF 3.0 - PF 4.2)$	221B, 215B, 217B	mm
205 D	" " 20/40 cm	RU 3.0 2X	"	222B, 216B, 218B	"
206 D	" à PF 2.5 " 0/20 cm	RU 2.5 1X	$2 DA (PF 2.5 - PF 4.2)$	221B, 215B, 219B	"
207 D	" " 20/40 cm	RU 2.5 2X	"	222B, 216B, 220B	"
208 D	Rapport du carbone total sur l'azote total de l'horizon 0/20 cm	CT/NT 1X	CT/NT	232B, 234B	-
209 D	" de l'horizon 20/40 cm	CT/NT 2X	"	233B, 235B	-
210 D	Somme des bases échangeables de l'horizon 0/20 cm	SBE 1X	$CAE + MGE + KE + NAT$	241B, 243B, 245B, 247B	me %
211 D	" " 20/40 cm	SBE 2X	"	242B, 244B, 246B, 248B	"
212 D	Taux de saturation de l'horizon 0/20 cm	S/T 1X	$(CAE + MGE + KE + NAE) 100/CEC$	210D, 249B	%
213 D	" " 20/40 cm	S/T 2X	"	211D, 250B	"
214 D	Sommes des bases totales " 0/20 cm	SBT 1X	$CAT + MGT + KT + NAT$	251B, 253B, 255B, 257B	me %

TABLEAU 6D - VARIABLES DERIVEES " SOL " POUR L'ETUDE DE LA FERTILISATION NPK DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU EVOLUE D'APPORT.

Numéros d'ordre	DEFINITIONS	SIGLES	FORMULES	Numéros d'ordre des variables de base ou dérivées entrant dans la formule	UNITES
215 D	Sommes des bases totales de l'horizon 20/40 cm	SBT 2X	CAT + MGT + KT + NAT	252B, 254B, 256B, 258B	me %
216 D	Rapport du magnésium échangeable sur le calcium échangeable de l'horizon 0/20 cm	MGE/CAE 1X	MGE / CAE		
217 D	" de l'horizon 20/40 cm	MGE/CAE 2X	"		
218 D	Rapport du magnésium échangeable sur le potassium échangeable de l'horizon 0/20 cm	MGE/KE 1X	MGE / KE		
219 D	" de l'horizon 20/40 cm	MGE/KE 2X	"		
220 D	Rapport du calcium échangeable sur le potassium échangeable de l'horizon 0/20 cm	CAE/KE 1X	CAE / KE		
221 D	" de l'horizon 20/40 cm	CAE/KE 2X	"		
222 D	Rapport de l'azote total sur le phosphore total de l'horizon 0/20 cm	CT/PT 1X	CT / PT		
223 D	" de l'horizon 20/40 cm	CT/PT 2X	"		

ÉTUDE DE LA FERTILISATION NITRO-PHOSPHO-POTASSIQUE DU MAÏS
SUR VERTISOL ET SUR SOL PEU ÉVOLUÉ D'APPORT
ET DE SES CONSÉQUENCES SUR L'ÉVOLUTION DE LEURS CARACTÉRISTIQUES
PHYSIQUES ET CHIMIQUES

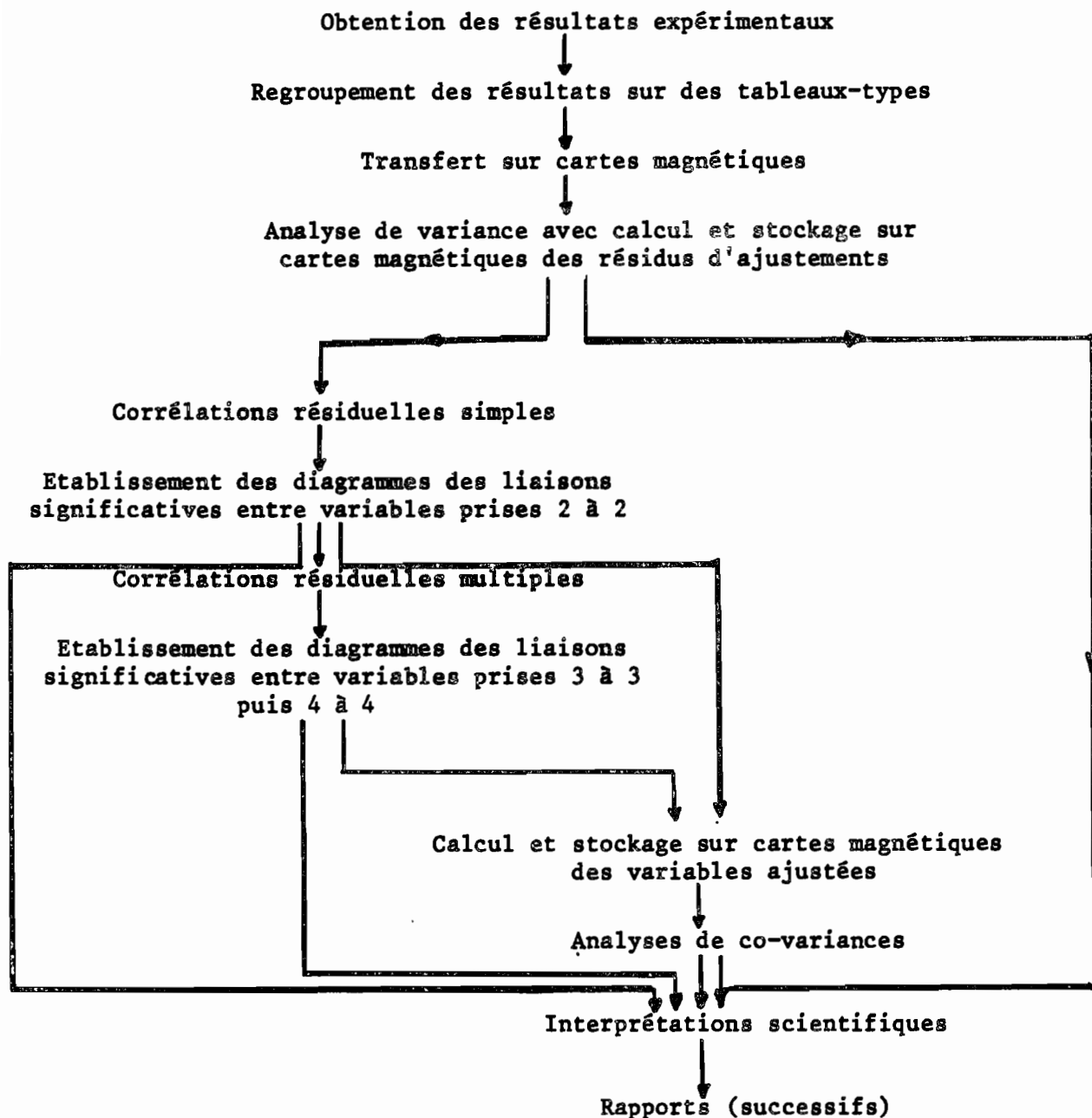
--

I - 1

ANNEXE III

ANALYSES STATISTIQUES DES RÉSULTATS EXPÉRIMENTAUX

1 - ORGANIGRAMME GENERAL DES CALCULS



2 - ANALYSES DE VARIANCE ET DE COVARIANCE CYCLE PAR CYCLE

2.1. - MODELE LINEAIRE GENERAL D'ANALYSE DE VARIANCE

Essais du type factoriel 3^3 à 2 répétitions entièrement randomisées.

Modèle linéaire d'analyse de variance d'une caractéristique X :

$$x_{ijkl} = \bar{x} + a_{xi} + b_{xj} + b_{xj} + c_{xk} + d_{xl} + (ab)_{xij} + (ac)_{xik} + (bc)_{xjk} + (abc)_{xijk} + e_{xijkl}$$

Signification des termes du modèle :

x_{ijkl} = valeur de X mesurée sur la parcelle soumise à la $i^{\text{ème}}$ dose d'azote, la $j^{\text{ème}}$ dose de phosphore et la $k^{\text{ème}}$ dose de potasse de la $l^{\text{ème}}$ répétition ($i = j = k = 1, 2 \text{ ou } 3$; $l = 1 \text{ ou } 2$).

$\bar{x}$ = moyenne générale de X

a_{xi} = effet de la $i^{\text{ème}}$ dose d'azote

b_{xj} = effet de la $j^{\text{ème}}$ dose de phosphore

c_{xk} = effet de la $k^{\text{ème}}$ dose de potasse

d_{xl} = effet de la $l^{\text{ème}}$ répétition

$(ab)_{xij}$ = interaction de la $i^{\text{ème}}$ dose d'azote avec la $j^{\text{ème}}$ dose de phosphore

$(ac)_{xik}$ = interaction de la $i^{\text{ème}}$ dose d'azote avec la $k^{\text{ème}}$ dose de potasse

$(bc)_{xjk}$ = interaction de la $j^{\text{ème}}$ dose de phosphore avec la $k^{\text{ème}}$ dose de potasse

$(abc)_{xijk}$ = interaction entre les doses i d'azote, j de phosphore et k de potasse

e_{xijkl} = résidu d'ajustement du modèle ; traduit l'influence des facteurs non contrôlés sur X dans la parcelle (ijkl).

Estimations des termes du modèle :

$$a_{xi} = \bar{x}_i - \bar{x}$$

$$b_{xj} = \bar{x}_j - \bar{x}$$

$$c_{xk} = \bar{x}_k - \bar{x}$$

$$d_{xl} = \bar{x}_l - \bar{x}$$

$$(ab)_{xij} = \bar{x}_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x}$$

$$(ac)_{xik} = \bar{x}_{ik} - \bar{x}_i - \bar{x}_k + \bar{x}$$

$$(bc)_{xjk} = \bar{x}_{jk} - \bar{x}_j - \bar{x}_k + \bar{x}$$

$$(abc)_{xijk} = \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij} - \bar{x}_{ik} - \bar{x}_{jk} + \bar{x}_i + \bar{x}_j + \bar{x}_k - \bar{x}$$

$$e_{xijkl} = x_{ijkl} - \bar{x}_{ijk} - \bar{x}_l + \bar{x}$$

2.2. - SOMMES DES CARRES DES ECARTS ET DEGRES DE LIBERTE DES FACTEURS DE VARIATION

cf. le tableau ci-contre.

2.3. - CORRELATIONS RESIDUELLES ET VARIABLES AJUSTEES

Soient X et U deux caractéristiques mesurées sur la même expérimentation.

Soient :

$$P_{xu} \text{ la quantité } \sum_{ijkl} (e_{xijkl} e_{uijkl})$$

$$V_x \text{ " " } \sum_{ijkl} (e_{xijkl}^2)$$

$$V_u \text{ " " } \sum_{ijkl} (e_{uijkl}^2)$$

La liaison entre X et U peut être caractérisée par :

$$r = \frac{P_{xu}}{V_x \cdot V_u} \quad (\text{coefficient de corrélation entre X et U})$$

$$b_{xu} = \frac{P_{xu}}{V_u} \quad (\text{coefficient de régression de X sur U})$$

$$b_{ux} = \frac{P_{xu}}{V_x} \quad (\text{coefficient de régression de U sur X})$$

Si U peut être considéré comme une covariable de X, l'analyse de variance de X à U constant sera réalisée sur la variable ajustée.

$$x'_{ijkl} = x_{ijkl} - b_{xu} \cdot (u_{ijkl} - \bar{u})$$

Pour 2 ou 3 covariables U, V, W, de la même façon, l'analyse de la variance de X à U et V constants, ou à U, V et W constants, sera réalisée sur la variable ajustée x''_{ijkl} ou x'''_{ijkl} calculée par la formule

$$x''_{ijkl} = x_{ijkl} - b_{xu} \cdot (u_{ijkl} - \bar{u}) - b_{xv} \cdot (v_{ijkl} - \bar{v})$$

e ou

$$x'''_{ijkl} = x_{ijkl} - b_{xu} \cdot (u_{ijkl} - \bar{u}) - b_{xv} \cdot (v_{ijkl} - \bar{v}) - b_{xw} \cdot (w_{ijkl} - \bar{w})$$

Ces calculs et ces analyses impliquent :

- 1°/ - que l'on ait vérifié la normalité des distributions des résidus d'ajustement avant d'entreprendre les calculs de corrélations résiduelles ;
- 2°/ - que l'on vérifie la linéarité des liaisons entre variables prises deux à deux, ensuite ;
- 3°/ - que l'on étudie la signification des liaisons partielles (cas de 2 et 3 covariables) lorsqu'on désire effectuer une analyse de covariance.

Les coefficients de régression b_{xu} , b_{xv} , b_{xw} peuvent être, en effet, les coefficients de régressions simples ou les coefficients de régressions partielles entre X, U, V et W.

- 4°/ - que l'on ait vérifié - lorsque la caractéristique X est mesurée à plusieurs niveaux dans le sol et, ou, à plusieurs époques - la stabilité des variances de X ;
- 5°/ - que l'on ait transgénééré X pour stabiliser ses variances ou normaliser ses distributions si les variances de X ne sont pas stables ou ses distributions non-normales.

ESSAIS FERTILISATION DU MAIS - SOMMES DES CARRÉS DES ECARTS, DEGRES DE LIBERTE ET VALEUR DES TESTS F

Facteurs de variation	Somme des carrés des écarts	Degrés de liberté pour n covariables				Valeurs des tests F aux seuils de signification 0,05, 0,01 et 0,001											
						0 covariable			1 covariable			2 covariable			3 covariable		
		n =0	n =1	n =2	n =3	0,05	0,01	0,001	0,05	0,01	0,001	0,05	0,01	0,001	0,05	0,01	0,001
N	$18. \sum_i (a_i^2)$			2		3,37	5,53	9,12	3,38	5,57	9,22	3,40	5,61	9,34	3,42	5,66	9,47
P	$18. \sum_j (b_j^2)$			2		3,37	5,53	9,12	3,38	5,57	9,22	3,40	5,61	9,34	3,42	5,66	9,47
K	$18. \sum_k (c_k^2)$			2		3,37	5,53	9,12	3,38	5,57	9,22	3,40	5,61	9,34	3,42	5,66	9,47
Répétition	$27. \sum_l (d_l^2)$			1		4,22	7,72	13,74	4,24	7,77	13,88	4,26	7,82	14,03	4,28	7,88	14,19
N x P	$6. \sum_{ij} (ab)_{ij}^2$			4		2,74	4,14	6,41	2,76	4,18	6,49	2,78	4,22	6,59	2,80	4,26	6,69
N x K	$6. \sum_{ik} (ac)_{ik}^2$			4		2,74	4,14	6,41	2,76	4,18	6,49	2,78	4,22	6,59	2,80	4,26	6,69
P x K	$6. \sum_{jk} (bc)_{jk}^2$			4		2,74	4,14	6,41	2,76	4,18	6,49	2,78	4,22	6,59	2,80	4,26	6,69
N x P x K	$2. \sum_{ijk} (abc)_{ijk}^2$			8		2,32	3,29	4,83	2,34	3,32	4,91	2,35	3,36	4,99	2,32	3,41	5,09
Résiduelle	$\sum_{ijkl} e_{ijkl}^2$	26	25	24	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-