

40-RA

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

G E N R A D E R U
DEPARTEMENT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES

DIVISION AGRONOMIE
PROGRAMME " SYSTEMES DE FUMURE "

ESSAIS DE FUMURE DE MANS
SUR LES HAUTES TERRES
COMPTE RENDU AMPANGABE
1978-79

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

G E N R A D E R U
DEPARTEMENT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES

DIVISION AGRONOMIE
PROGRAMME " SYSTEMES DE FUMURE "

ESSAIS DE FUMURE DE MANS
SUR LES HAUTES TERRES
COMPTE RENDU AMPANGABE
1978-79

S O M M A I R E

1 - Présentation

2 - Dispositif expérimental

3 - Résultats

3.1 - Conditions climatiques

Bilan hydrique

Essai dates de semis

3.2 - Fumure potassique d'entretien

3.2.1 - Essai NK pailles au champ

3.2.2 - Lysimètres K x pailles

3.2.3 - Fractionnement de la fumure K

3.3 - Fumure organo-minérale

3.3.1 - Complémentation minérale NK d'un
apport annuel de fumier

3.3.2 - Complémentation en phosphore et
dolomie d'un apport initial de fumier

1 - PRESENTATION

L'expérimentation concernant la fumure du maïs sur les Hautes Terres était pratiquement terminée en 1977-78. Une partie du dispositif d'Ampangabe et des essais "Bandes croisées" ont été réutilisés en 1978-79 pour l'étude de la fertilisation de l'arachide, et a donné lieu à un rapport indépendant.

Étaient encore cultivés en maïs à Ampangabe, pour une dernière année les essais relatifs à :

- la fumure minérale d'entretien en potasse
- la fumure organo-minérale d'entretien en azote et potasse
- la fumure initiale en dolomie et phosphore en fonction de la dose de fumier complémentaire (effet résiduel des apports 1976-77)

Le présent rapport est le simple compte rendu analytique des résultats de cet expérimentation. Ils s'articulent à ceux des comptes rendus antérieurs (cf. 76-77 et 77-78).

La variété utilisée est comme les années précédentes: l'hybride jaune n° 383, recevant, avec des variantes selon les essais, la fumure standard :

135 N, 60 P₂O₅ , 60 K₂O et 250 kg de dolomie par ha en appliquant le fractionnement habituel (phosphate et dolomie au labour, 1/3 N + 1/2 K 30 jours après levée, 2/3 N + 1/2 K 50 jours après levée).

2 - LE DISPOSITIF EXPERIMENTAL

En place depuis plusieurs années, il a été décrit dans les rapports précédents. On le rappellera très brièvement.

2.1 - Etude du climat, plus particulièrement du bilan hydrique

- thermomètres sous abri météo classique: mini, maxi, psychromètre

- thermomètres dans le sol à 10, 20, 50 et 100 cm de profondeur sous culture (cette année arachide) et sol nu

- bac d'évaporation Colorado, modèle ORSTOM

- Piche (dans l'abri)

- pluviomètre à 1,50m et pluviographe (DRFP)

- 2 séries de lysimètres type monolythe, modèle ROOSE de 1 m de profondeur dont l'une, de 12 cuves, était cultivée en maïs cette année (étude K x pailles)

- une batterie de 9 parcelles d'érosion cultivée en maïs pour la 2ème année consécutive pour l'étude de l'influence du buttage sur le ruissellement.

On rattachera à ce paragraphe le test de dates de semis sur maïs: test sans répétition avec la fumure standard.

2.2 - Fumure d'entretien en potasse (système fumure strictement minérale, avec " redressement " initial de la fertilité (formule IRAM))

2.2.1 - Essai NK pailles au champ

10 traitements combinaisons des 5 niveaux de fumure NK: 00 - OK - N0 - NK1 - NK2 avec ou sans restitution des tiges de maïs de la culture précédente; où N = 135 kg K1 = 45 kg K₂O et K2 = 2K1 - avec 6 répétitions complètes. Tous les traitements recevant par ailleurs 60 P₂O₅ et 250 kg de dolomie.

Cinquième et dernière année de l'essai, en culture continue de maïs (deuxième année de la 2ème phase)

2.2.2 - Lysimètres K x pailles

Associés à l'essai précédent dont on y retrouve les 6 traitements : N0 - NK1 - NK2 avec ou sans pailles sur deux répétitions - avec les mêmes fumures et les opérations culturales effectuées le même jour .

2.2.3 - Essai fractionnement de la fumure K d'entretien

8 traitements avec 3 répétitions complètes - On épand ou non une dose unique de 30 kg K_2O au semis et/ou au 30ème jour et/ou au 50ème jour (factoriel 2^3) - La fumure uniforme NP dolomie standard est bien entendu apportée à tous les traitements.

2.3 - Complémentation avec des engrais minéraux d'une fumure organique (fumier)

2.3.1 - Complémentation minérale NK d'un apport annuel de fumier

Mis en place l'année précédente sur défriche à Ampangabe 2 Deuxième année de culture de maïs en répétant les apports de la première année (même pour le fumier) 16 traitements, 3 répétitions complètes.

Douze des Seize traitements représentent les combinaisons factorielles de trois doses de potasse (0, 45 et 90 kg K_2O / ha) avec deux doses d'azote (67 et 135 kg de N par ha) et deux doses de fumier (10 et 20 t / ha) . Les quatre traitements additionnels sont des témoins de référence : sans fumier avec fumure minérale sauf l'azote.

2.3.2 - Complémentation en phosphore et dolomie d'un apport initial de fumier.

Mis en place en 1976-77 sur défriche; en 3ème culture consécutive de maïs.

Deux répétitions complètes de 27 traitements: combinaisons factorielles de 3 doses initiales de fumier (0, 5 et 20t par ha) avec 3 doses initiales de phosphore (0, 60 et 300 kg P_2O_5 / ha) et 3 doses de dolomie (0, 500 et 2000 kg / ha), avec une fumure complémentaire uniforme (135 N, 60 K_2O).

Chacune des deux années suivantes tous les traitements ont reçu la fumure uniforme standard : 135 N, 60 P_2O_5 , 60 K_2O et 250 kg de dolomie / ha. Seul l'effet résiduel des apports initiaux est étudié.

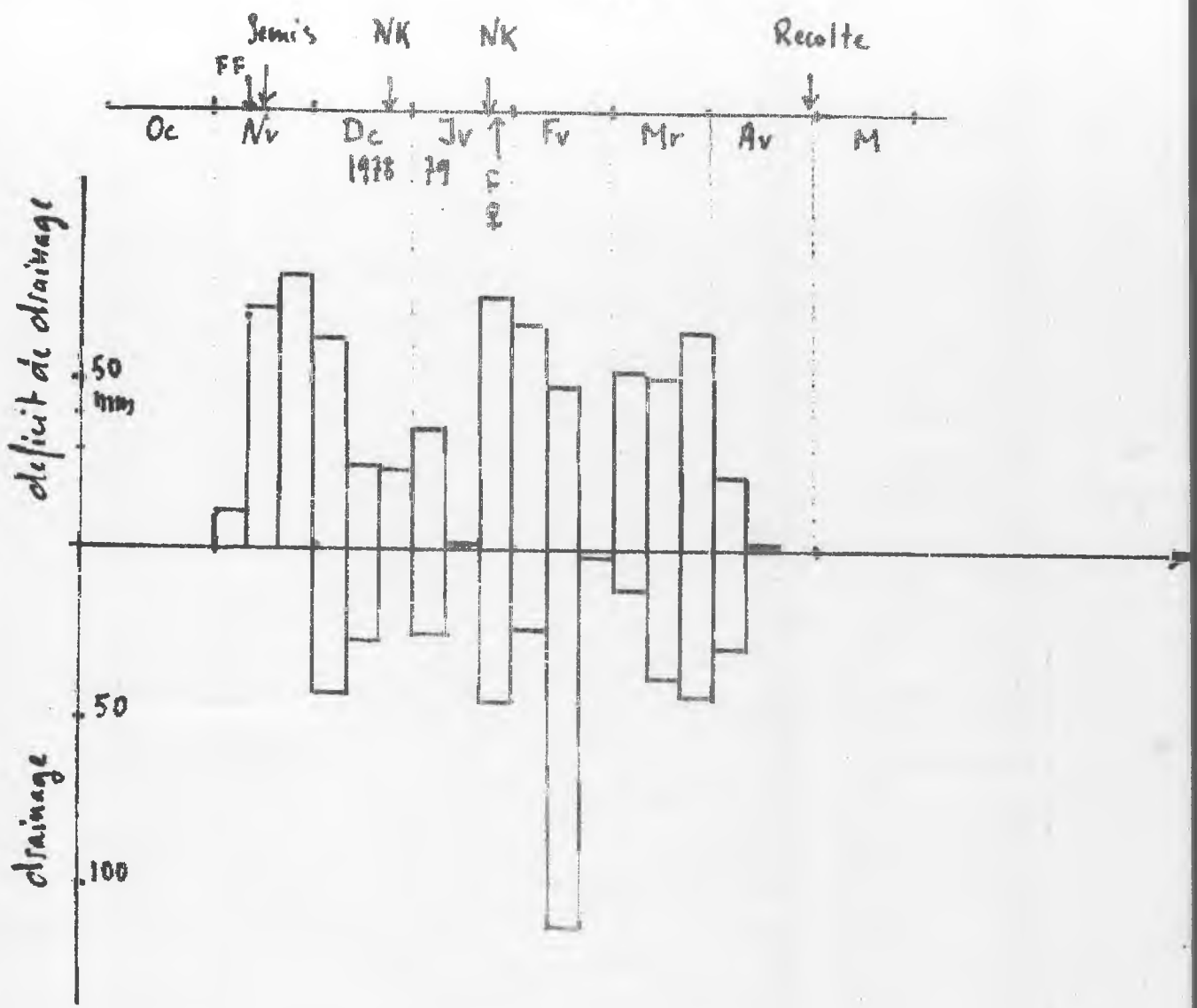


Figure 1 - Ampangabe - Bilan hydrique décadaire 1978-79 sous maïs (lysi K pailles pour le drainage)

3 - RESULTATS

3.1 - Conditions climatiques de la saison

Les données relatives aux températures sont rassemblées, sous forme de moyennes décennales, dans le tableau 1 .

Les principaux termes d'un bilan hydrique décennal: pluviométrie, ruissellement, drainage sont reportés dans le tableau 2 et représentés dans la figure 1 - pour la culture du maïs - on trouvera les données journalières en annexe 1 pour le drainage et annexe 2 pour le ruissellement .

Le drainage a été mesuré dans des lysimètres dont le bord, exhaussé de quelques centimètres au-dessus du sol empêche le ruissellement. Les quantités d'eau percolées sont donc surestimées d'une valeur que l'on peut évaluer à celle du ruissellement.

Or ce ruissellement mesuré sur les parcelles d'érosion dont la pente est de 13% n'est que de 24 mm pour toute la saison (dont 19 en Novembre -- Décembre avant que la culture soit bien développée et que les buttages soient faits). On peut considérer qu'il est négligeable sur sol presque plat, comme c'est le cas au niveau des lysimètres.

Le total des précipitations pour la saison : 1106 mm de Novembre à Avril inclus, est un peu inférieur à la moyenne mais assez bien reparti; en particulier au début de la saison: mois de Novembre bien arrosé, et à la fin du cycle : pluies suffisantes jusqu'au 10 Avril.

Cependant on constate un déficit hydrique partiel du 15 Décembre au 20 Janvier, soit avant la floraison des cultures semées mi-Novembre, ce qui a pu limiter leur production : 48 qx/ha dans l'essai dates de semis.

Les maïs semés au cours de la première quinzaine de Décembre, ont leur épiaison décalée des 10 à 15 jours nécessaires pour que l'initiation florale aie eu lieu dans de meilleures conditions; ils ont un rendement nettement supérieur: 58 qx en moyenne - voir figure 2. La saison des pluies était cette année assez longue, pour que ces semis relativement tardifs ne manquent pas d'eau en fin de cycle (compte tenu des réserves hydriques du sol après le 10 Avril)

Tableau 1 - Ampangabe 1978-79 - Température de l'air et du sol à 12h -
Moyennes mensuelles

Mois	Température		Température du sol								
	air		nu				sous culture †				
	mini	maxi	10	20	50	100	10	20	50	100	
1978	Juillet	10,0	21,1	19,1	-	17,1	17,5	19,1	17,1	17,5	18,9
	Août	8,3	22,4	21,5	18,5	18,4	18,1	20,9	18,1	19,3	19,4
	Sept.	11,9	28,0	26,2	21,3	21,1	20,3	25,8	21,5	22,1	21,5
	Oct.	13,4	28,6	29,8	24,1	23,8	22,6	29,3	24,1	24,6	23,7
	Nov.	14,8	26,9	28,7	23,7	23,8	23,3	28,0	23,5	24,1	24,0
	Déc.	16,2	26,1	25,7	23,0	23,5	23,0	25,6	23,0	23,6	23,5
1979	Janv.	16,6	26,9	27,5	23,9	24,1	23,5	26,9	24,0	24,7	24,0
	Fev.	16,5	25,9	22,0	21,2	21,6	22,2	25,3	22,6	23,3	23,0
	Mars	16,1	26,5	21,4	21,3	21,5	21,7	27,2	24,0	24,6	23,8
	Avril	14,2	24,8	19,8	19,8	20,6	21,0	25,2	22,2	23,3	23,2
	Mai	12,4	23,7	18,7	18,5	19,1	19,5	22,5	20,1	21,2	21,6
	Juin	8,6	21,0	17,9	16,9	18,0	18,3	20,6	18,3	19,6	20,0

† arachide

Mois	Décade	Pluvio	Drainage			Ruisselle-	Déficit du	EV
		H	D1 Arach	D2 Sol nu	D maïs	ment (maïs)	drainage (maïs)	bac
VII	1	10,4	-	-	-	-	10	53
	2	22,5	-	-	-	-	23	54
	3	-	-	-	-	-	-	60
VIII	1	-	-	-	-	-	-	54
	2	-	-	-	-	-	-	57
	3	-	-	-	-	-	-	59
IX	1	2,7	-	-	-	-	3	55
	2	-	-	-	-	-	-	68
	3	9,0	-	-	-	-	9	68
X	1	-	-	-	-	-	-	72
	2	8,6	-	-	-	-	9	68
	3	13,6	-	-	-	-	14	78
XI	1	12,4	-	-	-	-	12	64
	2	71,3	-	9,3	-	0,3	71	64
	3	80,7	18,3	37,1	-	7,6	81	64
XII-78	1	105,0	69,1	80,1	42,1	10,8	63	53
	2	52,6	26,9	30,2	28,2	0,3	24	48
	3	23,7	-	-	-	-	24	56
I - 79	1	62,1	32,1	38,1	26,5	0,6	36	57
	2	2,0	-	-	-	-	2	55
	3	129,3	67,9	86,7	44,7	1,1	75	52
II	1	90,3	36,2	47,8	23,3	0,1	67	51
	2	159,8	94,2	125,2	112,3	1,0	48	56
	3	1,5	4,2	6,0	2,8	-	-	46
III	1	64,0	16,3	35,4	11,7	-	52	59
	2	88,7	38,2	69,6	38,3	1,3	50	62
	3	108,4	30,2	75,1	42,9	0,8	66	68
IV	1	51,8	24,5	33,3	29,6	-	22	58
	2	2,1	-	-	-	-	2	55
	3	-	-	-	-	-	-	59
V	1	17,0	-	-	-	-	17	53
	2	11,6	-	-	-	-	12	53
	3	5,0	-	-	-	-	5	62
VI	1	9,6	-	-	-	-	10	54
	2	0,8	-	-	-	-	1	61
	3	-	-	-	-	-	-	54

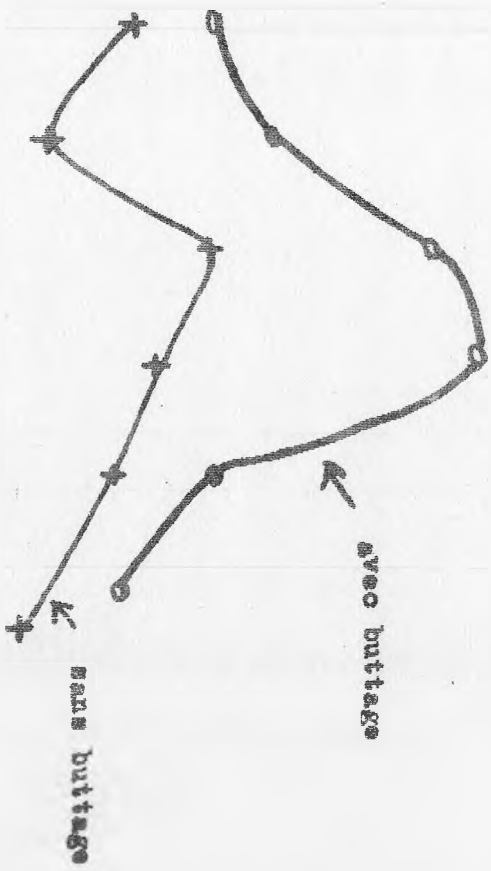
Tableau 2 - Ampangabe 1978-79 - Eléments d'un bilan hydrique
décadaire, en mm.

13	XI	23	XI	4	XII	13	XII	23	XII	31
date de semis										

Figure 2 -- Ampungetche -- Test date de semis du maïs 1978-79

Production grains, qz / ha

40 50 60 70



On note par ailleurs dans ce test dates de semis, l'effet positif du buttage sur les rendements:

date de semis 13/11 23/11 4/12 13/12 23/12 3/1

Production parcelles:

buttées	52	55	65	68	48	45
non buttées	46	40	51	47	44	39

Cette supériorité du buttage se retrouve dans les parcelles d'érosion où les rendements sont de :

46 qx de grains/ha sur les parcelles non buttées
52 qx " " " " buttées

3.2 - Fumure potassique d'entretien (cas de la fumure strictement minérale après " redressement " de la fertilité)

3.2.1 - Essai N.K.pailles (annexe 4)

Pailles	fumure NK				
	00	0.K ₉₀	N.0	N.K ₄₅	N.K ₉₀
exportées	3	20	1	57	65
réenfouies	7	17	2	65	67

Tableau 3 - Essai NK pailles - rendements en qx / ha

Comme les années précédentes on voit (tableau 3) combien la déficience en potasse peut être un facteur limitant absolu. C'est pourquoi il ne faut attribuer qu'une valeur relative à la productivité de la première dose exprimée de façon classique en kg de grains/kg K₂O apporté: 124 . Car ici c'est la totalité de la fumure NPK et dolomie qui agit et non la seule fumure K. Ce chiffre indique cependant que cette première dose de potasse est utilisée à près de 100% par la plante. Si l'on se reporte aux analyses antérieures dans cet essai (1974-77) les exportations en potasse de la culture sont, pour produire 1 tonne de grains (avec 250 kg de rafles et 1250 kg de pailles), de 10 kg environ dont :

3 kg dans les grains (0,35% de la matière sèche)
0,5 kg dans les rafles (0,3% de la matière sèche)
6,5 kg dans les tiges (dont les teneurs varient assez largement en fonction de la fumure : 0,4 à 0,8% autour de 0,6 en moyenne)

N.B - On a supposé une humidité moyenne de 15% dans toutes les parties pour faire le calcul

L'analyse chimique des tiges, des traitements NK₄₅ avec et sans réenfouissement des pailles sur la culture 78-79, prélevées à plusieurs dates après la récolte, a donné des résultats semblables à ceux de l'année précédente :

pas ou peu d'évolution des teneurs en N, P et Mg et semble-t-il légère baisse des teneurs en K et Ca entre le 10 Mai (peu après la récolte) et 10 juillet date limite des labours de fin de saison, avec possibilité d'enfouissement des pailles.

Entre ces deux dates les teneurs en K des tiges passent de 0,4 à 0,35 sur les traitements où les pailles sont exportées et de 0,6 à 0,5 sur les traitements correspondants avec pailles enfouies. Pour le calcium les valeurs sont de 0,2 à 0,15 dans les deux hypothèses.

La productivité de la dose double de potasse est de 18 kg de grain/kg K₂O additionnel quand les pailles sont exportées, et de 4,5 kg seulement quand les pailles sont réenfouies.

Il est vrai que la restitution de potasse par des pailles sont telles qu'elles ont le même effet qu'un apport de 45 K₂O d'engrais minéral.

Remarque - C'est à peu près ce qu'elles contiennent d'après les chiffres moyens données plus haut (6,5 kg K₂O mobilisés dans les pailles pour produire 1 tonne de grains donc environ 40 kg K₂O pour 6 tonnes de grains)

3.2.2 - Lysimètres K x pailles (annexe 1)

La production mesurée dans les lysimètres et leurs parcelles de garde est voisine - voir tableau 4 - de celle que l'on a obtenue au champ.

Pailles	Cuves			parcelles de garde		
	NK ₀	NK ₄₅	NK ₉₀	NK ₀	NK ₄₅	NK ₉₀
exportées	0	43	54	3	62	56
réenfouies	0	56	64	3	55	59

Tableau 4 - Lysimètres K x pailles - production 1978-79 en qx de grains / ha

L'analyse des eaux percolées a été faite, par le Laboratoire de Pédologie du CENRADERU, sur des échantillons mensuels moyens pour tous les lysimètres (voir annexe 1)

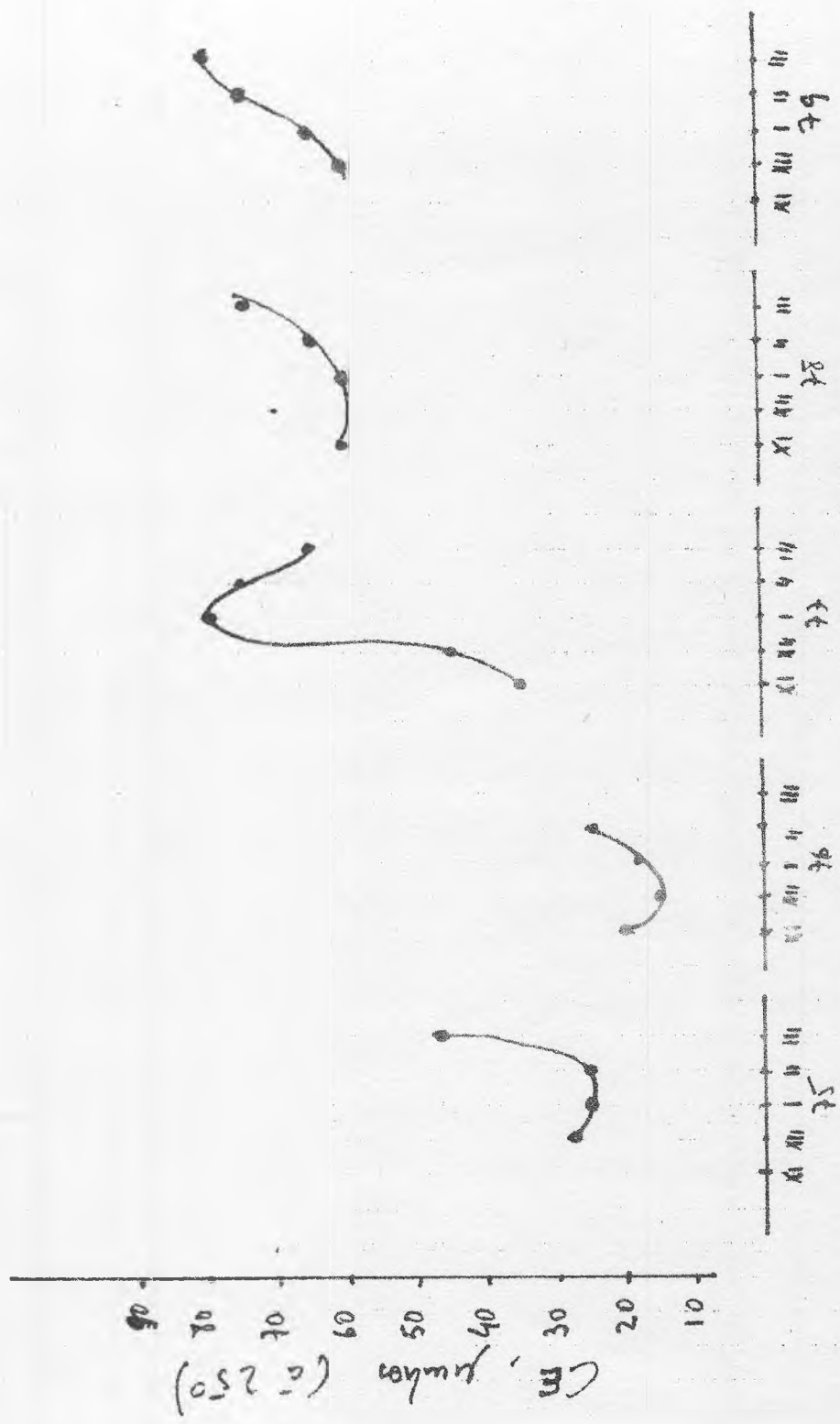


figure 3 Amperohé, Lypinètres K x pailes
 Evolution de la conductivité électrique de came de drainage
 sous les lypinètres N/4 sans pailes moyenné des 2 répétitions

La conductivité électrique de ces eaux ainsi que leurs teneurs en K, N, Ca et Mg sont à peu près égales à celles des saisons 76-77 et 77-78 - tableau 3 - Il se confirme que l'on a atteint un équilibre entre le sol, sa solution, la plante et sa fumure .

La figure 3 illustre cet équilibre dans le cas du traitement NK1 .

Elément	Saison	pailles exportées			pailles réenfouies		
		K0	K1	K2	K0	K1	K2
N	76-77	13,6	6,6	12,0	17,6	8,0	4,6
	77-78	9,7	4,8	9,2	13,1	8,8	4,7
	78-79	14,8	6,1	7,9	19,2	5,4	4,4
K	76-77	1,6	2,3	4,0	1,9	2,7	2,9
	77-78	3,6	6,0	9,5	3,9	4,8	9,2
	78-79	3,7	4,6	5,6	2,8	3,8	6,7
Ca	76-77	8,8	3,8	9,3	11,9	5,0	2,3
	77-78	8,6	5,5	8,7	11,6	5,4	5,2
	78-79	20,6	7,3	12,4	25,9	6,5	6,9
Mg	76-77	5,2	2,0	3,9	6,3	3,2	1,7
	77-78	4,8	2,9	2,9	7,5	3,1	3,2
	78-79	7,8	3,6	3,7	8,1	3,7	2,7

Tableau 5 - Ampangabe - Lysimètres K x pailles
Concentration, moyennes pondérées annuelles des percolats,
en mg / litre

N.B. série 1 seule en 76-77

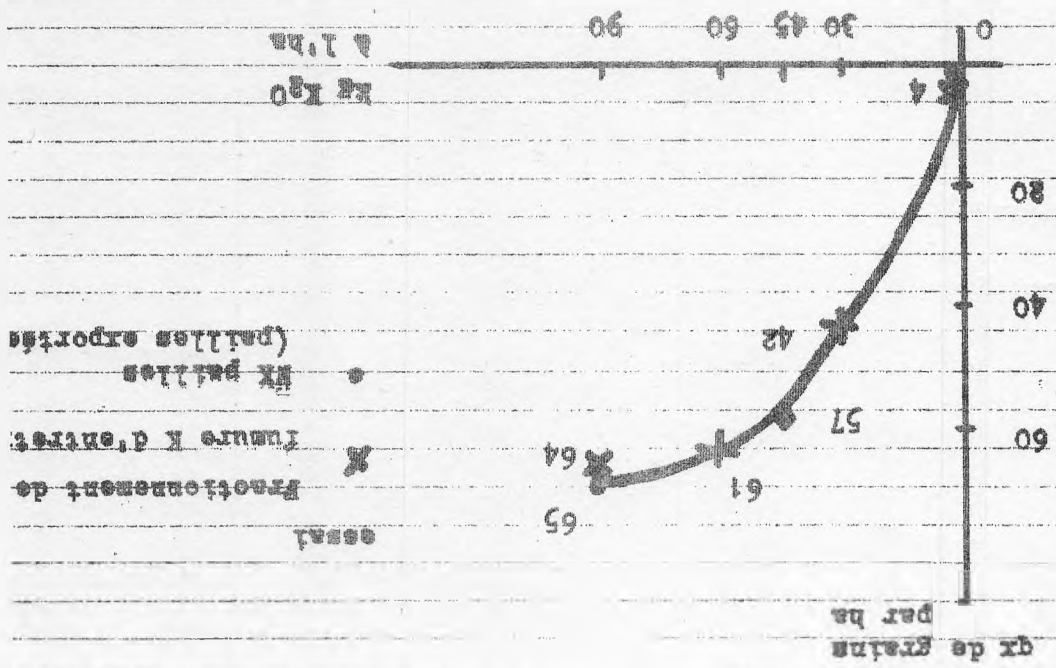
On note que l'enfouissement ou non des pailles a peu d'effet sur la composition chimique de ces eaux.

La concentration en potasse des percolats sous les divers traitements suivent bien le même ordre que celui des doses d'engrais potassique, mais restent toujours assez faibles.

Le déséquilibre de la fumure dans les traitements sans potasse, entraîne une mauvaise croissance de la plante donc des prélèvements minéraux, en particulier en azote, moindres. Cet azote se retrouve donc en bien plus grande quantité dans les percolats sous ces traitements. Même observation pour Ca et Mg, qui d'une part sont moins prélevés par la plante, d'autre part entraînés par l'

Production 18-79, en qx de grains par ha

Figure 4 - Rendement de la fumure K et



Les pertes par lixiviation pour l'ensemble de la saison s'élèvent finalement, en kg/ha à :

Elément	pailles exportées			pailles réenfouies		
	K0	K1	K2	K0	K1	K2
Azote	59	25	32	77	22	18
Potassium	15	19	23	11	16	27
Calcium	82	29	50	104	26	24
Magnésium	32	15	15	33	15	11

3.2.3 - Essai fractionnement de la fumure K d'entretien (annexe 5)

Cet essai comme le précédent est cultivé depuis plusieurs années avec apports répétées d'engrais; ce que l'on mesure sur chaque traitement ce n'est pas l'effet direct d'une dose d'entretien mais son effet cumulatif (c'est-à-dire son effet direct plus les effets résiduels des apports antérieurs)

Les rendements 78-79 - tableau 6 - indiquent que dans ces conditions la date d'apport de la potasse (semis montaison ou épiaison) importe assez peu .

Apports K ₂ O à l'épiaison (E)	au semis (S) et/ou la montaison(M)			
	-	S	M	SM
-	0	45	39	61
E	42	59	64	64

Tableau 6 - Essai fractionnement de la potasse, 78-79
Rendements en quintaux de grains / ha

Les rendements sont conditionnés par la dose: en moyenne : 42 qx pour 30 K₂O, 61 pour 60 K₂O et 64 pour la dose 90 - On les a représenté sur la figure 4 en même temps que ceux de l'essai N.K. pailles (avec exportation des pailles)

La courbe de réponse est très régulière, les essais (voisins sur les terrains) sont tout à fait comparables et on peut juxtaposer leurs résultats pour déterminer la dose la plus intéressante ..

L'inflexion de la courbe se situe entre les doses 45 et 60 kg K₂O/ha. La productivité du kg additionnel de potasse évolue très vite:

entre 30 et 45 kg K ₂ O	100 kg grains / kg K ₂ O
" 45 et 60 "	27 " "
" 60 et 90 "	10 " "

même dans le dernier intervalle elle est encore intéressante .

Des échantillons de sols, horizon 0-20 cm, ont été prélevés sur toutes les parcelles après la récolte 1977-78 et analysés par le Laboratoire du Gerdar à Montpellier. Les résultats - voir annexe 5 - montrent que seul le niveau de la fumure K (et non son fractionnement) a un effet sur la composition du sol. Ils peuvent être résumés de la façon suivante :

Caractère	dose K ₂ O / ha / an			
	0	30	60	90
K échangeable me/100g	0,04	0,05	0,08	0,12
Ca " "	0,8	0,8	0,9	1,0
Mg " "	0,4	0,4	0,45	0,5
pH eau	5,0	5,2	5,35	5,45
pH Kcl	4,45	4,65	4,75	4,8

Par ailleurs les teneurs en Carbone (1,3%) et azote (0,95%) ainsi que le CEC (5,4 me / 100 g) ne sont pas influencés par les traitements. Le phosphore Olsen est de 34 ppm sur les traitements à fumure complète, et de 41 ppm sur le témoin sans azote:

Si l'on estime que 0,01 me K / 100 g de sol représente 12 kg de K à l'ha, on voit que les apports répétés de 30 kg K₂O / ha / an pendant 3 ans ont enrichi le sol de 12 kg de K échangeable dans l'horizon superficiel 0 - 20 cm. Pour la dose 60 K₂O l'enrichissement est de 48 kg de K et pour la dose 90 K₂O de 96 kg de K par rapport au témoin sans potasse.

L'apport de potasse se traduit également par de moindres prélèvements en Ca et Mg sur les traitements correspondants, donc au total par une relative augmentation du taux de saturation de la capacité d'échange. Cela se retrouve au niveau des pH, d'autant plus élevés que la fumure K est forte.

3.3 - Fumure organo-minérale

3.3.1 - Complémentation minérale NK d'un apport annuel de fumier (annexe 6)

L'essai mis en place l'année précédente, avec un maïs de défriche a été reconduit sans aucune modification de protocole. Les apports de fumier, 10 ou 20t par ha ont été renouvelés aussi bien que ceux d'azote 67 ou 135 kg/ha et ceux de potasse 45 et 90 kg K₂O/ha

L'effet le plus net est celui du fumier, avec une fumure minérale complète N 135, P 60 , K les rendements sont les suivants:

dose fumier (t/ha/an)	0	10	20
qx de grains/ha	27	47	67

réponse linéaire de 2 qx de grains par tonne de fumier. L'apport d'azote minéral en complément est indispensable mais la dose 67 kg N/ha semble suffire, avec une productivité d'ailleurs excellente (25 kg de grains/kg N en moyenne).

L'effet de la potasse est beaucoup moins net et les 2 doses (45 et 90 kg K₂O/ha) ne se différencient pas. On peut résumer les résultats comme suit (en qx de grains / ha)

potasse \ fumier	10t	20t
sans	45	64
avec	47	67

3.3.2 - Complémentation en phosphore et dolomie d'un apport initial de fumier (annexe 7)

Le fumier a été apporté seulement en 1976 aux doses 0, puis 5 et 20 tonnes à l'hectare avec en complément de la dolomie et du phosphore à doses nulles, moyennes (500 kg dolomie, 60 P₂O₅) ou de " redressement " (2t dolomie, 300 P₂O₅)

En 1977-78 et 1978-79 l'apport est uniforme 60 P₂O₅ et 250 kg de dolomie / ha / an (outre 135 N et 60 K₂O tous les ans) pour étudier l'effet résiduel des doses initiales.

qx grains/ha

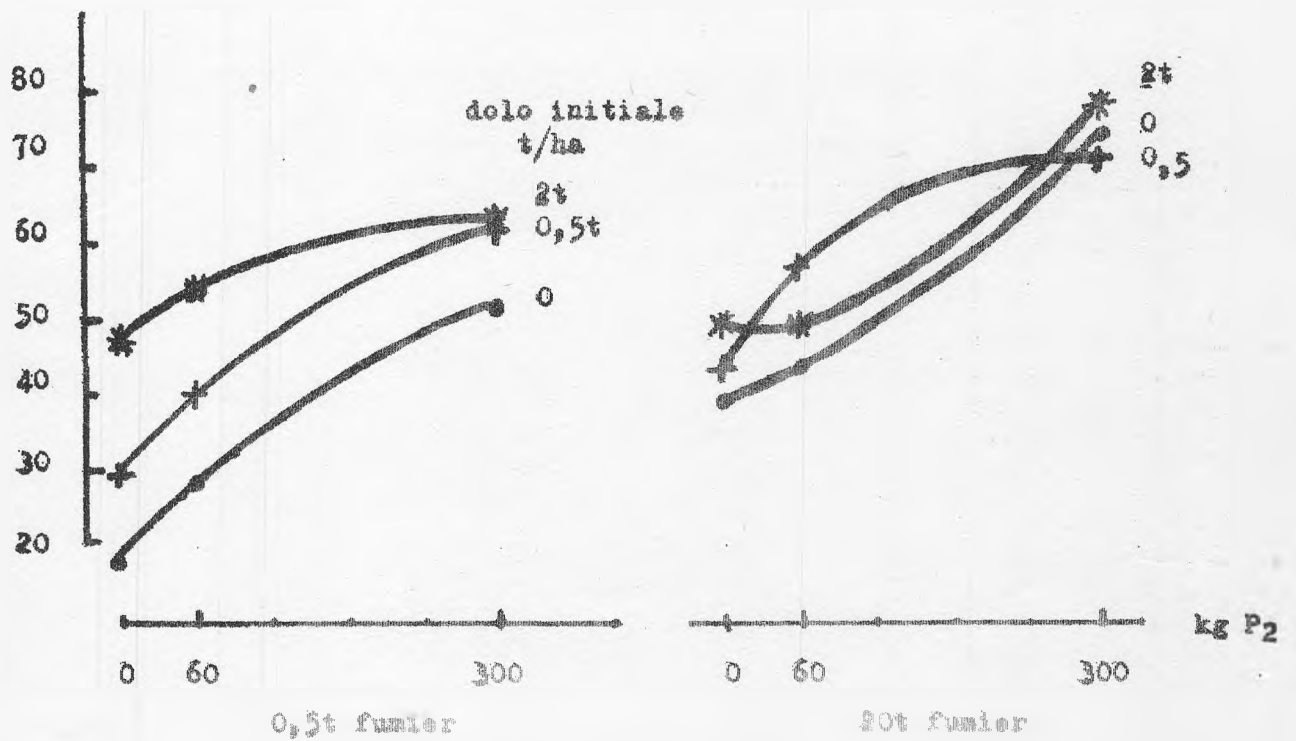


Figure 5 - Ampangabe 1978-79 essai " fumure de redressement " production en qx de maïs /ha , en fonction des apports initiaux (76-77) de fumier, dolomie et phosphore

En 1978-79 comme déjà l'année précédente, la dose initiale faible de fumier (5t/ha) n'a pas d'effet résiduel, de telle sorte que les résultats peuvent être résumés comme suit, pour la production de grains :

fumier	0 ou 5t			20t		
	0	0,5t	2t	0	0,5t	2t
P ₂ O ₅ \ dolomie	0	0,5t	2t	0	0,5t	2t
0	18	28	46	40	43	49
60	28	40	54	44	57	49
300	51	62	60	75	72	78

Tableau 7 - Ampangabe 1978-79 essai " fumure de redressement " - production, en qx de maïs grains/ha, en fonction des apports initiaux de fumier, dolomie et phosphore

L'effet résiduel de 20t de fumier, deux ans après épandage est en moyenne de 13 qx de grains sans grande influence du niveau de la fumure phosphorique initiale mais d'autant plus faible que l'apport initial de dolomie est fort (21 qx si 0 , 14 qx si 500 kg et 5 qx seulement si 2000kg de dolomie)

Réciproquement l'effet résiduel des apports initiaux de dolomie est assez faible en présence de la dose forte de fumier: 6qx de grains en moyenne pour 2 tonnes de dolomie, trois fois plus élevé en l'absence de fumier (ou avec dose faible). Dans ce cas d'ailleurs l'effet dolomie est aussi d'autant plus faible que la dose initiale de phosphore est forte. C'était déjà le cas l'année précédente. Le phosphate Hyper-Reno contenant 50% CaO agit partiellement comme la dolomie. L'effet résiduel de la dose de " redressement " en dolomie est de 28 qx de grains si la dose initiale de P est nulle

16 qx " " " = 60 kg P₂O₅

11 qx " " " = 300 kg "

L'effet résiduel du phosphore est assez constant sauf dans le cas où l'apport initial de fumier est nul ou faible et celui de dolomie fort où il y a interaction (la phosphate et la dolomie se " compensant "). En moyenne il est de 30 à 33 qx de grains pour les 300 kg P₂O₅ de la dose de redressement - soit 10 à 11 kg de grains par kg P₂O₅ deux ans après épandage !

Remarque - pour les trois doses : 0 , 60 et 300 kg P₂O₅ la réponse est à peu près linéaire en présence de 20 tonnes de fumier, mais d'allure décroissante (courbe Mitcherlich) si la dose est nulle ou faible - voir figure 5 .

Les pertes par lixiviation correspondantes sont, en kg/ha, pour toute la saison :

Elément	traitement					
	1	2	3	4	5	6
N	59	24,5	31,5	77	22	17,5
Cl	5,3	8,2	12,3	4,6	7,1	11,1
K	15	18,5	23	11	15,5	26,5
Ca	82	29	49,5	104	26	23,5
Mg	31,5	14,5	14,5	32,5	15	11

	VII	VIII	IX	X	XI	XII		I		II		III		IV		V	VI
	H	H	H	H	H	H	D	H	D	H	D	H	D	H	D	H	H
1												6,5		6,0	4,2		
2								2,0				2,8		2,0	0,8		
3								23,3	3,9	20,9		28,1	0,6	32,6	16,5		7,0
4									1,6	8,6	0,4	26,6	5,0		6,4		2,6
5	8,4									5,5	0,8		5,7		0,5		
6	2,0				3,5	46,0	6,6	35,3	14,9	5,0	0,8		0,5				
7					3,1	2,3	1,7	1,5	5,5	1,3	0,3						
8					5,8	56,7	27,6		0,6							15,0	
9							5,2			31,7	3,1			11,2		2,0	
10			2,7				0,9			17,3	17,1						
11					23,0	10,0	0,6			36,0	30,2			0,6		11,5	
12	2,2				23,2	2,0	0,8			48,5	46,0					0,1	
13	20,3				21,0	33,1	20,4			30,2	28,0	1,8					
14							5,3			0,8	3,4	85,8	34,2	1,5			
15							0,9			6,5	0,4		3,8				
16				6,8	3,8	3,5	0,2						0,3				
17				1,8													0,8
18										21,3	1,4	0,3					
19					0,3	1,8				2,0	1,6						
20						2,2		2,0		14,5	1,3	0,8					
21								19,0		1,5	2,2						
22						0,5		7,8			0,3						
23								27,7	2,7								
24				4,5				5,7	0,9								
25				0,5		2,5		24,3	10,7			1,5					
26			9,0			3,5		16,6	10,7								
27					10,5	1,0		17,8	17,4								
28				2,5	31,0				1,6			12,3				5,0	
29					12,9			10,4	0,5			55,8	13,8				
30				6,1	26,3	13,0			0,2				3,3				
31						3,2						38,8	25,8				

Tableau 2 Ampangabe, 1978-79

Pluviométrie (à 1,5m) : H et Drainage : D en mm /j
 LYSIMETRES K x pailles

Ampangabe, 1977-79, Lysimètres K x pailles
 analyse des eaux (labo sol CENRADERU)
 moyennes des 2 cuves sauf pour T3 (lysi n°9 supprimé)

Mésure	Traite- ment	77 78					78-79			
		XI 6	XII 24	I 138	II 20	III 66	XII 70	I 27	3I, II 182	III, IV 121
N (nitrique) mg/l	1	-	4,5	8	13,5	14,5	11	11	13	20,5
	2	5,5	6	3,5	5	7	6	6,5	6	6,5
	3	9,5	7,0	9	11,0	10	5,0	6,0	7,5	10,5
	4	-	13	11	18,5	16	13,5	14	20	22,5
	5	5	5	7	8	7	10	6,5	4,5	4,0
	6	3	3	4,5	5,5	5,5	2,5	3,5	4,5	5,5
Cl - mg/l	1	0,7	0,7	0,7	0,7	13	0,9	0,5	1,3	1,8
	2	0,7	1,1	1,1	1,6	1,1	1,6	1,1	1,8	2,2
	3	-	1,4	2,2	2,9	2,2	1,8	1,4	2,5	4,3
	4	0,7	0,7	0,7	0,9	0,4	0,9	0,9	1,3	1,0
	5	0,7	3,8	2,0	1,8	1,1	2,5	2,0	1,3	1,0
	6	1,4	1,1	2,2	2,2	1,6	1,9	1,4	2,5	3,2
K + mg/l	1	-	4,5	3,5	3,5	3,5	5,0	2,5	3,5	3,5
	2	10,0	5,5	6,0	6,0	6,0	5,0	4,5	4,5	4,5
	3	-	10,0	10,0	10,0	8,0	5,0	5,0	6,0	6,0
	4	4,5	5,0	4,5	3,5	4,5	4,0	2,5	2,5	2,5
	5	5,5	6,0	6,0	5,0	4,0	6,5	2,0	4,0	2,5
	6	11,0	10,5	9,0	9,5	8,0	6,5	6,5	7,5	5,5
Ca mg/l	1	-	4,0	8,0	10,5	11,5	9,5	12,0	11,5	30,5
	2	6,0	6,0	5,0	6,0	6,0	6,0	6,0	7,5	8,0
	3	-	6,0	8,5	8,5	10,5	6,0	6,0	12,0	18,0
	4	7,5	8,5	11,0	6,5	16,0	13,5	13,5	31,5	27,5
	5	4,0	8,5	4,5	6,0	4,0	4,5	4,0	5,0	10,5
	6	3,0	3,5	6,0	5,0	4,5	4,0	3,5	6,5	6,5
Mg mg/l	1	-	3,5	4,5	6,0	5,5	5,0	5,5	7,5	10,5
	2	2,5	2,0	2,5	3,5	4,0	2,5	3,0	3,5	4,5
	3	-	3,5	2,5	4,5	3,0	2,5	2,0	3,5	5,0
	4	6,5	5,0	7,5	13,5	6,5	7,0	6,5	9,5	7,0
	5	2,5	4,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,0	4,0	4,5
	6	2,5	2,0	3,5	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	4,0
Na mg/l	1	-	4,6	1,5	0,9	0,9	2,1	1,8	1,6	0,9
	2	0,5	0,5	1,2	1,5	0,7	1,5	1,5	1,6	0,9
	3	-	4,0	1,6	2,1	1,0	1,8	2,3	2,1	1,3
	4	6	1,0	0,5	0,2	0,2	1,3	1,3	0,9	0,7
	5	0,9	0,7	0,5	1,0	0	0,9	0,7	0,9	0,9
	6	11	1,7	0,7	1,3	0,7	1,7	1,8	1,8	1,5
CE	1	-	60	85	70	110	95	115	160	20
	2	60	70	60	65	75	60	65	75	80
	3	-	70	80	80	90	60	60	100	130
	4	110	90	120	55	60	120	55	25	20
	5	50	45	90	70	75	35	90	75	120
	6	70	50	65	65	60	45	50	85	75

Parcelles d'érosion

- étude du bilan hydrique sous culture de maïs, (2ème ou 3ème) année; influence du buttage sur le ruissellement voir fiche APG 1.2 et 1.4 b

- pas de changement de dispositif:
les parcelles 1, 3, 6 et 8 ne sont pas buttées; les parcelles 2, 4, 7 et 9 sont buttées perpendiculairement au sens de la pente; la parcelle 5 est buttée dans le sens de la pente.

- fumure : 135N, 60 P₂O₅, 60 K₂O et 250 kg de dolomie/ha, avec fractionnement habituel.

- Opérations culturales:

labour à l'angady avec enfouissement phosphate et dolomie le 11/11; épandage NK: 18/12 et 22/1 (et buttage)

semis le 13/11, levée le 18/11, floraison mâle 19/1, femelle 29/1, récolte le 17/4.

Production

parcelles	grains qx/ha	pailles t/ha	densité plant	épis sains /plant
non buttées	45,8	3,7	96	0,89
buttées ⊥ pente	50,9	3,8	97	0,92
buttées // pente	53,8	4,2	93	0,89

Ruissellement (DRFP) tableau journalier

Le ruissellement moyen est de 23,9 mm pour toute la saison dont 19 mm en début de saison (11/11 au 13/12) avant que la plante soit développée et que le 1er buttage aie été fait.

Ensuite le drainage, de Janvier à Mars inclus n'est plus que de : 6,0 mm sur les témoins non buttés

3,8 mm sur les parcelles buttées perpendiculairement à la pente

sur les parcelles buttées parallèlement à la pente

Date	H					Observations
	érosion	R ₀	R _B	R _{B'}	moy.	
11/11	23	0,1 ⁻	0,1	0,06	0,1	labour + FF
12/11	23	0,1 ⁺	0,15	0,10	0,1	
13/11	22	0,08	0,12	0,06	0,1	semis
28/11	29	0,30	0,50	0,13	0,3	
29/11	12,5	1,40	1,93	1,40	1,6	
30/11	45,5	5,2	6,2	5,0	5,7	
total Nov.		7,2	9,0	6,9	7,9	
6/12	43	0,95	1,68	0,74	1,2	
8/12	53	9,16	10,6	7,5	9,6	
13/12	35	0,33	0,32	0,27	0,3	
total Dec.		10,4	12,6	8,5	11,1	épandage NK le 18/12 et buttage
3/1	22,5	0,44	0,25	0,07	0,34	
6/1	42,5	0,24	0,21	0,07	0,22	
23/1	30,5	0,36	0,22	0,07	0,27	épandage NK le 22/1 et buttage
25/1	20,0	0,10	0,07	-	0,08	
26/1	23,0	0,26	0,13	0,17	0,20	
27/1	18,0	0,78	0,30	0,67	0,6	
total Janv.		2,2	1,2	1,1	1,7	
9/2	29	0,08 ⁻	0,05 ⁻	0,06	0,06	
10/2	20,5	0,07 ⁺	0,04 ⁺	0,06	0,06	
11/2	31	0,70	0,47	0	0,60	
12/2	49	0,05	0,03	0,06	0,05	
13/2	31	0,17	0,08	0,06	0,11	
18/2	24	0,23	0,16	0,23	0,20	
total Fev.		1,3	0,8	0,5	1,1	
14/3	86	1,36	1,30	0,87	1,27	
29/3	56	0,23	0,22	0,37	0,25	
31/3	44	0,86	0,28	0,94	0,60	
total Mars		2,5	1,80	2,2	2,1	
total général		23,6	25,4	19,2	23,9	

Ampangabe , Parcelles d'Érosion 1978-79

Ruissellement moyen, en mm, selon le

traitement : R₀ = sur témoin non butté

R_B = buttage perpendiculaire à la pente

R_{B'} = buttage parallèle à la pente

Test date de semis du maïs

-
- étude de l'effet de la date de semis sur les rendements du maïs (butté ou non butté) 3ème année (ex P n° 2)
 - pas de répétition, parcelle élémentaire 96 m² (6 lignes de 20 m à 0,8 m d'écartement)
 - fumure uniforme : 135 N , 60 P₂O₅, 60 K₂O, 250 kg de dolomie à l'hectare; fractionnement habituel.

Résultats:

Date de semis	13 XI	23 XI	4 XII	13 XII	23 XII	3 I
levée	18 XI	2 XII	13 XII	19 XII	31 XII	9 I
épiaison mâle	20 I	31 I	10 II	15 II	27 II	8 III
" femelle	24 I	8 II	17 II	21 II	3 III	14 III
(maturité) et récolte	14 IV	24 IV	31 V	31 V	11 VI	11 VI
Parcelles grains qx/ha	51,5	54,5	65,0	68,0	48,0	45,0
buttées pailles t/ha	4,9	6,4	4,9	7,1	5,0	5,8
densité plants [*]	95	96	90	89	59	86
nb épis/plants ^{**}	0,91	0,96	0,94	0,98	0,88	0,97
Parcelles non buttées grains qx/ha	46,0	39,5	50,5	47,0	44,0	38,5
pailles t/ha	5,9	4,3	5,9	5,4	4,5	6,0
densité plants [*]	89	91	86	86	69	82
nb épis/plants ^{**}	0,92	0,90	0,93	0,98	0,94	0,92

* en % de la densité de semis (62.500 pieds / ha)

** nombre moyen d'épis sains par plant

Essai au champ N,K x pailles

- étude de la fumure K_2O d'entretien avec ou sans restitution des tiges de la récolte précédente (culture continue de maïs); 2ème et dernière année de la 2ème phase.

- pas de changement de dispositif, de traitement ou de doses d'engrais par rapport à l'année précédente; même plante-test: maïs n° 383

- Opérations culturales

enlèvement ou restitution des tiges de la récolte précédente

enfouissement après épandage de la dolomie (250 kg), du phosphate (200 kg Hyper-Reno) et de la nutramine (20 kg) le 10/11

semis le 15/11, levée le 22/11, floraison femelle 26/1, récolte 30/4

épandage NK le 22/12 et le 23/1 (fractionnement standard)

Prélèvements de plants pour analyse sur T4 et T9.

2 plants/parcelles sur chaque répétition. Plant entier (sauf épis) le 10/5, 10/6, 10/7 .

analyse par le laboratoire physiologie végétale appliquée du CENRADERU :

Traitement	T4 = N'K'1 sans pailles			T9 = N'K'1 avec pailles			
	10/5	10/6	10/7	10/5	10/6	10/7	
élément en	N	0,73	0,59	0,59	0,59	0,55	0,60
% M.S	P	0,06	0,02	0,03	0,04	0,02	0,04
	K	0,38	0,42	0,34	0,60	0,64	0,51
	Ca	0,20	0,18	0,14	0,20	0,18	0,14
	Mg	0,15	0,12	0,13	0,16	0,09	0,16

Résultats (moyenne 6 blocs)

		pailles				
Production	culture 77-78	0	K'2	N'	N'K'1	N'K'2
graines	enfouies	2,5	19,5	0,5	57	64,5
qx / ha	réenfouies	7	17	1,5	64,5	66,5
pailles	enlevées	1,6	2,9	1,0	4,8	5,2
t / ha	réenfouies	2,2	2,9	1,5	5,1	5,9

analyse statistique:

sur les 4 traitements (NK1 - NK2) (avec - sans pailles)
pour la production de grains:

l'effet K2/K1 est significatif au seuil de 5% ($F = 4,59/4,54 : Ft$), celui des pailles est à la limite ($F = 4,49$)
C.V = 8,3% .

Composantes du rendement

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
densité *	82	72	87	91	89	80	70	87	90	90
épis/plant	0,15	0,05	0,48	0,88	0,89	0,32	0,09	0,48	0,88	0,85

* en % de la densité de semis théorique (62.500)

Remarque: En moyenne on comptait 0,03 épis pourris ou vides par plant; apparemment sans influence des traitements

Analyse de sols

prélèvements de sols, horizon 0-20 cm, sur toutes les parcelles de chaque bloc en Octobre 1979 (JK 209 à 268)

Essai K n° 2

-
- pas de changement de dispositif
 - plante-test maïs n° 383 avec fumure uniforme N 135 - P 60 - 250 kg de dolomie et 20 kg de nutramine à l'hectare.
 - Opérations culturales
 - enlèvement des pailles de la culture précédente
 - épandage de la dolomie, la nutramine et le phosphore (Hyper-Reno) puis labour 9/11
 - semis 16/11 (levée 23/11) - floraison mâle (début) 20/1, femelle 25/1.
 - épandage 1/3 N + 1/2 K le 22/12 puis 2/3 N + 1/2 K le 23/1 , récolte le 30/4
 - prélèvements de sols, horizon 0-20 cm sur toutes les parcelles, Octobre 1979 .

Resultats

production de grains secs (environ 15% H₂O) en qx/ha

apports K ₂ O	au semis (S) et/ou à la montaison (M)			
	à l'épiaison (E)	S	M	SM
-	0,3	44,7	38,7	60,5
E	42,3	59,2	64,2	63,5

analyse statistique (blocs simples, 3 répétitions)
sans le témoin Ko, C.V = 5% effet traitement THS

composantes du rendement (pour 3 pe)

Traitements	1	2	3	4	5	6	7	8
	-	M	E	ME	S	SM	SE	SME
grains qx/ha	0,3	38,7	42,3	64,2	44,7	60,5	59,2	63,5
nb pieds 10 ³	49	52,5	45,3	55,5	58	58	55,5	58,5
nb épis sains [⊗] / pieds	0,02	0,57	0,70	0,59	0,82	0,82	0,78	0,82
poids de pailles t/ha	1,0	4,6	4,6	4,9	4,5	5,3	5,2	5,6

⊗ On trouvait en outre des épis pourris ou avortés :
0,03% par plant sur le Ko; 0,20 sur les K 30; 0,13 sur les K 60 et 0,09 sur les K 90 .

Des échantillons de sols (0-20 cm) avaient été prélevés après la récolte 77-78 sur toutes les parcelles. Ils ont été analysés par le laboratoire GERDAT de Montpellier

Mesure \bar{x}	Traitements							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	-	M	E	ME	S	SM	SE	SME
pH eau	5	4,9	5,25	5,35	5,2	5,3	5,35	5,45
pH Kcl	4,45	4,6	4,7	4,8	4,65	4,70	4,75	4,8
K ech. me / 100g	0,04	0,05	0,04	0,08	0,06	0,08	0,08	0,12
Ca " " "	0,8	0,75	0,85	0,95	0,9	0,85	0,95	1,0
Mg " " "	0,4	0,4	0,4	0,45	0,45	0,4	0,45	0,5
CEC " "	5,5	5,4	5,3	5,2	5,3	5,2	5,4	5,6
P Olsen ppm	41	34	31	34	37	35	35	34
C %	1,3	1,25	1,2	1,25	1,3	1,35	1,25	1,25
N ‰	1,0	0,95	0,9	0,95	1,05	1,0	0,95	1,05

\bar{x} moyenne des 3 répétitions

Essai complémentation NK de la
fumure organique
(2ème et dernière année)

- poursuite de l'essai mis en place l'année précédente à APG 2
- pas de modification de protocole; ni de doses: Ce sont exactement les mêmes qu'en 77-78 tant pour le fumier que N et K (ainsi que P et dolomie). On étudie donc les effets cummulatifs d'apports répétés.
- la plante test est:maïs n° 383
- Opérations culturales
 - . épandage dolomie, phosphore et fumier puis labour le 8/11
 - . semis le 22/11, levée 2/12, récolte 9/6
 - . épandage NK 10/1 et 1/2
- Production de grains, en qx / ha

Fumier		0		10 t		20 t		
K ₂ O	N	135	0	67	135	0	67	135
0				31,5	51,5		62,5	66
45				50,5	46		68	68
90		26,5	36,5	48,5	43	40,5	65,5	66
180					51			

La production moyenne de pailles est de 5t sur les traitements avec 10 tonnes de fumier et 6t sur ceux à 20t de fumier; pas d'effet K ni d'effet N 67 / N 135

Le nombre d'épis est en moyenne de 50.000 / ha pour un nombre de plants = 55.000

Le rapport poids de grains / poids épis = 0,82 en moyenne

Essai " Fumure de redressement "

- poursuite de l'essai mis en place en 1976-77, sans modification de protocole par rapport à 1977-78, 3ème culture consécutive de maïs.

apport d'une fumure uniforme N 135 - P 60 - K 60 et 250 kg de dolomie / ha : étude de l'effet résiduel des doses différentes de fumier (0 , 5 , 20t / ha), dolomie (0 , 500 , 2000 kg / ha) et phosphore (0 , 60 , 300 kg P₂O₅/ha) apportés sur défriche .

- Opérations culturales

- . enlèvement des tiges de la culture précédente puis labour fin Octobre
- . épandage phosphate et dolomie et reprise labour 7/11
- . semis (H 383) le 16/11, levée le 23, floraison 20-27/1, maturité 30/4, récolte 4/5
- . épandage NK
- . prélèvements de sols sur tous les traitements : Octobre 1979

- Production

Fumure initiale			grains (qx/ha)			pailles (t/ha)		
Fumier t/ha	P ₂ O ₅ kg/ha	dolomie t/ha	0	0,5	2	0	0,5	2
0	0		17	29	37	2,6	3,3	4,3
	60		28	42	42	3,0	4,5	4,3
	300		61	60	60	5,2	5,5	5,2
5	0		20	26	56	3,1	3,1	3,9
	60		28	37	65	2,9	3,6	4,8
	300		41	64	59	4,6	6,0	5,2
20	0		40	43	49	3,9	4,0	5,2
	60		44	57	49	3,5	5,1	5,8
	300		75	72*	78	5,5	5,2	6,5

* (valeur de la 2ème répétition éliminée, car anormalement faible, comme l'année précédente).

Par ailleurs le comptage des pieds à la récolte a montré que la densité de plants était en moyenne de 95% de la densité théorique sans grande influence des traitements. Cependant le traitement n'ayant pas reçu de dolomie, même de phosphore la 1ère année n'en compte que 92% .