

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES

INSTITUT DE RECHERCHES

VIVRIERES

NOTE SUR LES BESOINS EN POTASSE
DES SOLS TROPICAUX
Par J.F. FOULAIN

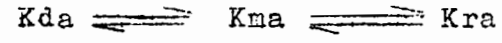
Août 1968

Centre National de Recherche Agronomique
Bambey

I - Sols

Le potassium fait l'objet d'échanges incessants entre les trois formes :

Kda	{	K difficilement	assimilable}
Kma	{	K modérément	assimilable}
Kra	{	K rapidement	assimilable}

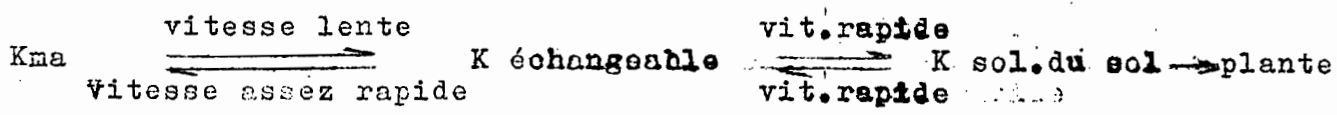


Ces trois formes sont en équilibre dynamique entre elles; la variation de l'une des formes provoque une variation de l'autre avec une vitesse différente mais selon une direction prévisible.

On admet que le potassium en solution est plus accessible à la nutrition des plantes, bien que des échanges directs puissent avoir lieu entre les racines et les colloïdes. De plus la fraction cristalline non évoluée la plus fine du sol peut également jouer un rôle.

Le Kra se compose du K de la solution du sol, du K de la matière organique (très labile) et du K fixé à l'état ionique par le complexe absorbant.

L'équilibre peut donc s'écrire si on se réfère plus particulièrement à la plante :



De quels critères dispose-t-on ?

Dosage du K total

Il donne une bonne estimation des réserves potassiques, mais son interprétation doit toujours être faite à la lumière de la granulométrie (taux d'argile et nature).

Dosage du K échangeable

Très souvent difficilement interprétable si on ne se réfère pas aux analyses physicochimiques complètes. Certains auteurs estiment même que c'est par pure routine que l'on continue à pratiquer cette détermination, car les estimations des besoins basées sur le dosage sont extrêmement aléatoires.

Cette détermination présente pourtant un intérêt réel dans les sols tropicaux sableux, du fait de l'importance de la partie échangeable par rapport au potassium total. De plus il est admis que les phénomènes de fixation (rétrogradation) sont de faible amplitude, étant donné le peu d'éléments fixateurs et la nature de ces éléments (dominance Kaolinite).

Par ailleurs, il est admis que "l'assimilabilité" effective du potassium échangeable est très variable suivant la texture. A teneur égale en potassium échangeable, la plante absorbe, en général, bien plus de cet élément en terrain léger qu'en terrain lourd. Celle-ci s'accroît très vite au delà de 80% de sable ; elle est en moyenne supérieure au niveau critique déterminé par le diagnostic foliaire pour des sols contenant plus de 90% de sables (cas le plus fréquent pour les sols de la zone sahélo-soudanaise).

L'alimentation de la plante étant mieux assurée dans les sols à faible teneur en argile, donc à faible capacité de fixation, certains auteurs ont tenté d'évaluer le niveau des réserves potassiques par le rapport $\frac{100 \text{ Kech}}{T}$ où T est la capacité de fixation. Ce rapport présente un intérêt réel pour un type de sol donné.

Il est bon de souligner également que la capacité de livraison immédiate aux racines est très largement conditionnée par l'importance du volume de terre à exploité (c'est-à-dire par le développement du système racinaire) que l'analyse de sols, telle qu'elle est couramment pratiquée (prélèvement 0-20cm), ne permet pas toujours d'apprécier.

Exemple des sols ferrugineux tropicaux non lessivés

Argile 4% (Kaolinite 55 à 60%, Montmorillonite 10 à 15%, Hydroxyde de fer)

Matière organique 0,4%

Capacité d'échange 3 méq/100 g

K20 total 0,20 méq/100 g soit 0,1% K20 (Horizon 0-20cm)
soit 280 kg/ha de K20

K20 échangeable 0,05 méq/100 g soit 0,025% K20
soit 70 kg/ha de K20

K/T % = 1,7%

Ces chiffres montrent :

- des réserves extrêmement faibles en potassium total

(Dans les pays tempérés, la teneur totale en potassium de l'horizon 0-20 cm est de l'ordre de 2 à 3%, soit 75 tonnes pour la seule couche labourable).

- Un niveau de potassium échangeable assez faible (Les teneurs les plus fréquentes en pays tempérés sont de l'ordre de 0,2‰ à 1‰). Dans les sols de texture semblable une teneur de 100 ppm est considérée comme correcte (sol des Landes à 5% d'argile).

L'importance du rapport potassium échangeable/potassium total 25% (rapport de 1% dans les pays tempérés), ne doit pas faire oublier pour autant la faiblesse relative du degré de saturation en potassium du complexe absorbant 1,7%. Ce degré de saturation est très important car il conditionne l'énergie de rétention des ions K.

Par ailleurs, il faut souligner que le potassium échangeable est largement de l'ordre de grandeur des exigences des principales cultures et qu'en raison de la texture, la majorité du potassium échangeable doit être assimilable (nous avons déjà signalé, de plus, que certains cations non échangeables peuvent être assimilés).

Toutes ces considérations montrent que l'analyse de sol revêt une grande importance dans les sols sableux tropicaux, dans la mesure où les quantités appréciées ne sont pas de l'ordre de grandeur de l'erreur d'analyse (ce qui est hélas souvent le cas). Les chiffres donnés sont les moyennes de plusieurs centaines d'analyses).

Du simple examen critique précédent, il ressort que le comportement des sols doit être le suivant :

- tant que la réversion du K de formes modérément assimilable et difficilement assimilable se fait à une vitesse suffisante, les besoins en potasse des principales cultures peuvent être satisfaits .

- mais, étant donné la grande faiblesse des réserves, cette réversion ne peut durer indéfiniment et on doit se trouver rapidement en présence d'une carence absolue et d'un déséquilibre cationique qui compromet gravement le potentiel de fertilité.

Conséquence pour les recommandations en matière de fumure

Il n'est pas recommandable d'apporter dans ces sols de fortes fumures potassiques en raison des faibles quantités de constituants argileux, du lessivage important et du déséquilibre cationique possible (Ca Mg). Mais il semble impératif d'apporter au moins pour les sols les moins pauvres, ce qu'on lui a prélevé. Pour les sols pauvres, qui constituent la majorité, il est nécessaire de "rééquilibrer" le défaut du sol en potassium par un apport légèrement supérieur aux besoins des plantes.

II - Les besoins des principales cultures (Mobilisations minérales)

Arachide

Rappelons que les exportations réelles sont voisines des mobilisations minérales (fanés exportées pour la nourriture animale)

IRHO	47-16	Louga	: 1,5 kg/K20	pour 100 kg gousses	} Zone Nord
IRHO	47-16	Tivaouane	: 1,4 kg/K20	pour 100 kg gousses	
IRAT	48-115	Bambey	: 2,4 kg/K20	pour 100 kg gousses	

Exportations pour une récolte de 1 500 kg à Louga 23 kg K20
2 000 kg à Bambey 48 kg K20

Niébé

IRAT Bambey : 4,5 kg/K20 pour 100 kg grains
Exportations pour 1000 kg/ha 45 kg K20

Mil

IRAT Bambey : 2 kg K20 pour 100 kg grains
Exportations pour une récolte de
1 500 kg 30 kg K20

Sorgho

IRAT Bambey : 1,7 kg K20 pour 100 kg grains
Exportation pour une récolte de 2 000kg
34 kg K20

Cotonnier

IRCT 1 kg K20 pour 100 kg coton graines
Exportations pour une récolte 1 500 kg/ha
14 kg K20

Maïs

Casamance 2,4 kg K20 pour 100 kg grain
Exportation pour une récolte 3 000kg/ha
72 kg K20

Jachère (fourrage) 1,35 kg pour 100 kg de foin sec
Bambey 68 kg de K20 pour 5 t de foin sec

Sénégal oriental : 100 kg de K20 pour 7,5 t de foin sec

III - Les résultats de l'expérimentation. Confirmation des conclusions des analyses physico-chimiques

1) Fumure vulgarisée à 150 kg/ha/

a) Quantités de potassium apporté par les fumures prescrites

(Sous forme de chlorure de potassium)

- Arachide, Niébé 15 kg K20 30 kg K20 (Arachide Thiénaba Niébé Bambey)
- Mil, Sorgho, Maïs 10,5 kg K20
- Cotonnier, Jachère Néant

b) Exemple d'une expérimentation en rotation quadriennale

Jachère simple-Arachide-Mil-Arachide

	Effet en kg/ha de gousses et de grains au cours de la rotation.		
	Arachide	M i l	Arachide
Effet de l'azote	+ 12 (+PK)	+ 367xxx(+PK)	- 70(+PK)
Effet du phosphore	+ 320 ^{xx} (+ K)	+ 219xxx:(+NK)	+ 167(+K)
Effet de la potasse	+ 36 (+ P)	+ 242xx (+NP)	+ 147(+P)

Ces résultats montrent que dans les conditions pédo-climatiques de Bambey (médiocres à moyennes) sans intervention du travail du sol et en première année de fumure une formule à dominance phosphorée est la meilleure. Pour la céréale qui suit, une fumure complète à dominance azotée s'avère la meilleure, et l'effet de la potasse en présence des autres éléments est très importante. Sur la deuxième arachide, l'effet de la potasse s'ajoute à celui du phosphore.

Dans le cadre de la rotation envisagée on peut donc conclure que :

- l'effet de la potasse marque dès la seconde année
- la fumure potassique est largement payée par les plus values enregistrées
- la fumure potassique n'est pas suffisante pour compenser les exportations des récoltes. En effet, les exportations au cours de la rotation sont de 63 kg/ha (rendements :
 - 1769 kg Arachide 1
 - 759 kg Mil
 - 1152 kg Arachide 2) pour un apport de 40,5kg/ha, soit un déficit de 23 kg/ha

D'autres sources de pertes devraient entrer en ligne de compte pour l'établissement du bilan réel ; la plus importante est le lessivage des éléments sous l'action de la pluie que VIDAL chiffre à 40 kg/ha pour une rotation.

c) Exemple d'une succession culturale continue d'arachide

Comparaison de l'effet du phosphore et de la potasse (essai factoriel 2³) en kg/ha de gousses.

	! Effet du Phosphore en !	! Effet de la potasse !	! Rendements !
	! présence de potasse !	! en présence de !	! N P K !
		! phosphore !	
! 1961 !	! 317x !	! 94 !	! 1318 !
! 1962 !	! 252x !	! 233x !	! 1528 !
! 1963 !	! 176 !	! 241 !	! 874 !
! 1964 !	! 142 !	! 241xx !	! 1075 !
! 1965 !	! 145x !	! 231x !	! 1130 !
! 1966 !	! 77 !	! 210xx !	! 530 !
! 1967 !	! 87 !	! 504 !	! 982 !

Cette suite de résultats (7 ans) montre que l'effet du phosphore, très important en première année d'essai, décroît d'une manière régulière au cours du temps. Par contre, l'effet de la fumure potassique, faible en première année de culture, équivaut à celui du phosphore dès la deuxième année, ne cesse de prendre de l'importance pour atteindre en 1967 la valeur record de 500 kg/ha pour une fumure de 30 kg (K20). Le factoriel 2³ conduit en 6-20-10 jusqu'en 1965 est devenu un factoriel 6-10-20 à partir de 1966, en raison du déséquilibre phosphore-potasse notoire de la formule 6-20-10 pour l'arachide continue.

Au cours des sept années, les exportations en potasse ont été de 178,5 kg/ha pour une restitution de 145 kg/ha. Le bilan est déficitaire car la formule 6-10-20 n'a remplacé la 6-20-10 qu'en 1966.

d) Application chez le cultivateur. Région Thiénaba goudronné.

Les expériences en vase de végétation puis au champ ont mis en évidence la carence potassique et soufrée. Sur 25 points d'essais chez le cultivateur la substitution d'une formule à dominance potassique (135 kg 0-21-27 + 15 kgs) à la formule 6-20-10 apporte une plus valeur de près de 300 kg/ha.

2) En fumure forte

Dans le cadre de la rotation quadriennale : Fumure verte enfouie - Arachide - Mil - Arachide, la fumure potassique est concentrée sur les deux arachides à la dose de 60 kg K20 sur chacune des arachides. La quantité de potasse allouée à la rotation est donc de 120 kg K20, soit 200 kg CIK.

Il est bien entendu que cette fumure ne donne son plein effet qu'après un phosphatage à 500 kg mis sur la sole de régénération, et avec l'application d'une fumure azotée suffisante sur la céréale (60 kg N2 ou 150 kg f'urée).

a) Essai phosphatage de fond Bambey

Une expérimentation conduite en rotation quadriennale à Bambey se proposait, entre autres, de définir l'effet de la fumure potassique appliquée après phosphatage de fond. La fumure a été appliquée à raison de 50 kg K20 sur chacune des arachides, et 20 kg K20 sur le mil. Les résultats sont les suivants : (en kg/ha)

		Complément phosphate bicalcique 75 kg/ha annuel	450 kg phosphate brut	450 kg phosphate broyé	500 kg Baylifos	750 kg Schlamms
Arachide I	O	2 278	2 191	2 121	2 321	2 288
	K	2 398	2 268	2 331	2 383	2 434
Mil	O	1 520	1 243	1 501	1 286	1 394
	K	1 577	1 550	1 669	1 652	1 548
Arachide 2	O	998	1 053	991	986	1 039
	K	1 285	1 232	1 338	1 360	1 199
Plus value par apport de K :	gousses	407	256	557	436	306
	graines	57	307	168	366	154
Mobilisations minérales en K20		120kg	115kg	121kg	123kg	118kg
Apport en K20		120kg	120kg	120kg	120kg	120kg

Comme pour les essais en fumure faible, on constate que l'effet de la potasse va en s'affirmant au cours de la rotation. De faible sur la première arachide et significatif sur le mil, il devient très hautement significatif sur la deuxième arachide. Par ailleurs on constate que les exportations en potassium des récoltes sont tous juste compensées par la fumure. Nous pensons toutefois, qu'étant donné le faible pouvoir fixateur du sol, et tant que les rendements se limitent à 2 tonnes pour l'arachide et 1 500 kg pour le mil, il n'est pas nécessaire d'augmenter la fumure potassique. (En fait les mobilisations minérales adoptées sont supérieures aux exportations réelles et le bilan doit être légèrement positif). Il faut cependant tenir compte du lessivage en potasse (40 kg par rotation d'après VIDAL).

b) Etude des compléments minéraux en fumure forte

A Boulel, une expérimentation se propose de définir les doses les plus économiques des éléments de la fumure (NKS) après un phosphatage de fond à 500 kg/ha.

On enregistre les résultats suivants :

<u>Sur arachide I</u> seulement	<u>Arachide 1</u>	<u>Sorgho</u>
0	1906	1317
20 kg K20	2135	1549
40 kg K20	2224	1541
60 kg K20	2242	1606

En première année d'essai, on enregistre un effet moyen de la potasse sur arachide :

200 kg de plus value avec 20 kg K20
330 kg de plus value avec 60 kg K20

Sur le sorgho, l'effet résiduel de la potasse, mise sur arachide, est net quelle que soit la dose apportée, il est de 300kg avec 60 kg K20.

La fumure potassique est donc largement rentabilisée et l'économiste étant satisfait, il est logique que l'agronome préconise la dose qui donne un bilan minéral le plus favorable possible.

c) Essai sur une culture plus productive et exigeante : le Maïs

A la Station de Séfa en Casamance un essai factoriel sur maïs a donné les résultats suivants en présence d'une fumure azotée de 120 kg/ha

Azote seule	2971 kg/ha
Azote + 200 kg super triple	3983
+ 200 kg chlorure	4302
+ 200 kg ST + 200kg chlorure	4766

Tricalcique sur jachère + (Azote + 200 kg chlorure sur maïs) 4403

Tricalcique + 200 kg chlorure sur jachère + (Azote sur maïs) 4495

La rentabilité des 200 kg de chlorure est largement assuré, la plus value obtenue par le chlorure seul étant de 1330kg/ha

On note par ailleurs que le chlorure placé avec le phosphate sur la jachère est aussi efficace qu'en application directe sur le maïs (Le pouvoir fixateur des sols de Séfa est plus élevé - 10% d'argile - mais la teneur en K₂O échangeable est très faible : 0,05 méq/100 g).

3) Comparaison fumure faible - fumure forte

Une expérimentation conduite à Bambey se propose de comparer les effets des principaux éléments de la fumure dans le cadre de deux systèmes :

 système à fumure faible, vulgarisée
 système à fumure forte

Dans les deux cas, la rotation est du type quadriennale : Engrais vert ou jachère - arachide - mil - arachide. L'essai n'est pas à son terme, les premiers résultats donnent les effets suivants :

Effet de la potasse			
	! Arachide I !	Mil	! Arachide 2 !
Fumure légère	+ 76 kg	+ 60	+ 126
Fumure forte	+ 111 kg	+317	+ 404

On constate que les effets de la fumure potassique sont relativement faibles en première année de fumure. Dans le cadre de la fumure forte, ils deviennent très importants dès la deuxième année.

Conclusions

Ces quelques résultats montrent qu'il n'y a aucun désaccord entre les prévisions faites à partir des analyses physico-chimiques et la réponse des cultures à la fumure potassique.

La quantité importante de potassium rapidement assimilable permet dans le cadre d'un système extensif (faible prélèvement par les récoltes) de satisfaire les besoins de la plante pendant la première année de culture. Mais les réserves très faibles du sol, le peu d'importance de la fraction modérément assimilable (système fixateur très faible) font que les déficiences potassiques apparaissent très rapidement, et cela d'autant plus vite que le système cultural est plus intensif et les cultures plus exigeantes.

La potasse devient donc très rapidement l'élément essentiel de la fumure. Des carences potassiques apparaissent très nettement dans les parcelles en culture continue et en rotation dans le cadre de la fumure faible. Dans les systèmes extensifs les jachères permettent (importance des graminées qui ayant besoin de SiO_2 pour leur constitution libèrent du potassium) de remonter en surface du potassium, ainsi un équilibre à faible niveau peut-il ainsi être réalisé. C'est ce qui explique l'absence de carence potassique dans les zones Nord du Sénégal (où les rendements en arachide sont d'ailleurs faibles, et pratiquement nuls en céréales). Le fait que la jachère soit brûlée dans bien des cas met tout de suite ce potassium sous forme assimilable.

Quoiqu'il en soit, les fumures vulgarisées actuellement sont nettement insuffisantes pour assurer une alimentation potassique correcte, et, a fortiori, pour remonter le niveau potassique du sol. En fumure forte, l'équilibre normal est tout juste obtenu et la rentabilité de la fumure potassique est assurée comme le montrent les quelques expérimentations précédentes.

Des carences potassiques très nettes apparaissent dès qu'on adopte un système intensif. Il n'est pas nécessaire d'atteindre ce seuil pour prodiguer au sol une fumure potassique. Si au cours des premières années de culture avec fumure le potassium assimilable reste constant et les plantes n'accusent pas de signe de faim potassique, cela signifie que la reversion du K des formes difficilement au modérément assimilables est bonne et conforme aux exigences des cultures dans leur contexte pédo-climatique. Toutefois étant donné le niveau des réserves potassiques cette reversion ne peut durer indéfiniment et les prélèvements constants des cultures (auxquels s'ajoute le lessivage) entraîne l'apparition d'une carence absolue et d'un déséquilibre cationique qui compromet gravement le potentiel de fertilité déjà faible des sols. La correction de cette déficience, souvent masquée dans les premières années de cultures intensives par une déficience encore plus importante du phosphore risque d'être beaucoup plus difficile (consommation de luxe, lessivage) et onéreuse par la suite, que le maintien constant d'un niveau potassique équilibré avec le pouvoir fixateur et les besoins des cultures.

Il est intéressant de contrôler la nutrition potassique par le diagnostic foliaire, à condition de suivre simultanément l'évolution des réserves du sol. Toutefois, en raison des faibles teneurs de potassium, l'expérimentation reste le moyen le plus sûr pour déterminer l'intérêt de la fumure potassique et sa rentabilité économique./.