

Problèmes de nutrition potassique du maïs dans certaines «Terres noires» de Limagne

Essais de Pessat-Villeneuve et de Pont du Château

A. Loué et J. Quéméner - Département d'Agronomie SCPA 68100 Mulhouse et le Service Agronomique de Limagrain 63360 Gerzat

Introduction

Les «Terres Noires» de Limagne présentent une grande diversité et une réputation de richesse en potasse. Cependant, en 1977, le Service Agronomique de Limagrain constatait des troubles nutritionnels sur maïs en Terres Noires, dans les zones des Marais de Riom et d'Aulnat, troubles qui purent être identifiés comme de déficience potassique. Trois parcelles furent étudiées par Le BUANEC, QUÉMÉNER et ROUGERON, avec examen assez complet du potassium (K échangeable, K extrait par TPBNa 0,1 N, pouvoir fixateur vis-à-vis du potassium, le tout avec ou sans séchage préalable de la terre). La nature des argiles indiquait une prédominance nette de la montmorillonite, expliquant l'influence du séchage préalable (1).

En 1978, pour mieux étudier le problème et les solutions à préconiser, deux essais furent mis en place sur deux des trois sites précédents. L'objet de la présente note est de rendre compte des résultats obtenus sur ces essais.

1. Matériel et méthodes

Les dispositifs expérimentaux furent les suivants :

• Essai de Pessat-Villeneuve

En 1978 : 7 traitements potassiques, codés 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, soit dans l'ordre : 0, 250, 500, 1000, 2500 kg/ha K₂O du chlorure de potassium et 1000, 2500 kg/ha K₂O du sulfate de potassium, et 4 répétitions (P₂O₅ uniforme à P140).

En 1979 : pas d'apports de potasse, mais les parcelles ont été subdivisées pour étudier deux niveaux de P₂O₅ (P125 et P250).

En 1980 : les 7 traitements sont devenus respectivement : K0, K60 en localisation, K120 en localisation, K50, K50, K250, K250 en plein. Les sous-parcelles P₂O₅ furent reconduites aux niveaux P70 et P140.

• Essai de Pont du Château

En 1978 : 5 traitements potassiques, codés 1, 2, 3, 4, 5, soit dans l'ordre : 0, 150, 300, 450, 900 kg/ha K₂O, et 6 répétitions (P₂O₅ uniforme).

En 1979 : les 5 doses de K₂O ont été reconduites, mais les parcelles ont été subdivisées pour étudier deux niveaux de P₂O₅ (P125 et P250).

En 1980 : les 5 doses de K₂O ont été reconduites, mais on est revenu à P₂O₅ uniforme à P150.

L'introduction de deux doses de P₂O₅ en 1979 sur les deux essais provenait de résultats obtenus en cultures de ray-grass en pots sur la Station d'Aspach, avec la technique CHAMINADE, selon lesquels une certaine déficience P semblait se superposer au problème K, en particulier à Pessat-Villeneuve.

Les conditions de sols des deux essais figurent au tableau 1.

Tableau 1 : Conditions de sols des deux essais

Analyse physique (% de terre fine)	Pessat-Villeneuve	Pont du Château	Analyse chimique	Pessat-Villeneuve	Pont du Château
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	3,7	2,5	P ₂ O ₅ assimilable J.H. (‰)	0,16	0,28
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	5,4	4,0	K ₂ O échangeable (‰)	0,24	0,39
Limon grossier (0,05 à 0,02 mm)	3,5	—	CaO échangeable (‰)	11,9	17,6
Limon fin (0,02 à 0,002 mm)	39,2	28,8	MgO échangeable (‰)	2,58	2,69
Argile (inférieure à 0,002 mm)	42,6	59,1	Na ₂ O échangeable (‰)	0,57	0,27
Calcaire total	45,0	22,6	CEC Riehm (meq %)	37,3	56,0
Matière organique (%)	5,8	5,8	CEC minér. (meq %)	24,5	35,5
pH	8,4	8,1	K éch./CEC (%)	1,4	1,5

Les sols des deux essais sont argilo-calcaires, riches en matière organique et en magnésie.

Le sol de Pessat-Villeneuve est assez pauvre en anhydride phosphorique ainsi qu'en potasse, compte tenu de la capacité d'échange élevée pour les bases, ce qui lui confère un taux de saturation en K (K éch./CEC Riehm) nettement bas (1,4 %) et un taux de saturation en K de la CEC minérale de 2,1 %.

D'autre part, le pouvoir fixateur vis-à-vis de K est de 44 % (sans séchage) et 62 % (avec séchage), selon la

méthode Van DER MAREL. Enfin la teneur moyenne en K₂O extrait par le tétraphénylborate de sodium (TPBNa) est de 0,33 ‰ (soit 0,09 ‰ en sus de K₂O échangeable).

Le sol de Pont du Château était nettement mieux pourvu en anhydride phosphorique et en potasse, mais compte tenu de la CEC élevée, le taux de saturation en K est seulement de 1,5 % par rapport à la CEC totale et 2,3 % par rapport à la CEC minérale. Le pouvoir fixateur vis-à-vis du potassium est ici de 37 % sans séchage et de 51 % avec séchage, donc plus faible qu'à Pessat.

O. R. S. T. O. M. Fonds Documentaire

La teneur moyenne en K₂O extrait par le TPBNa est de 0,57 ‰ (soit 0,18 ‰ en sus de K₂O échangeable).

Donc, si les deux essais présentaient des taux de saturation en K très voisins, des différences notables apparaissent cependant (pouvoir fixateur plus faible à Pont du Château, avec libération de K nettement plus importante).

La détermination de la nature minéralogique des argiles contenues dans les fractions fines des sols des deux essais a posé des difficultés du fait de l'abondance de la matière organique.

Le tableau 2 donne, d'après DEJOU (INRA Clermont),

un essai d'estimation quantitative des mélanges argileux. Les résultats ne sont qu'approximatifs, car le calcul des surfaces externes n'est pas satisfaisant à partir de telles compositions. Ainsi à Pont du Château (2 à 20 μ) la surface externe mesurée serait de 88 m²/g alors que la surface déduite de la composition serait de 54 m²/g.

Quoi qu'il en soit, ces sols présentent des pourcentages très élevés de smectite, argile souvent décelée en quantité importante dans les sols à très fort pouvoir fixateur (2). On peut d'ailleurs s'étonner que le pouvoir fixateur n'ait pas été mesuré plus élevé à Pont du Château.

Tableau 2 : Composition approchée des argiles (en %) (d'après DEJOU (INRA))

Minéraux	Pessat-Villeneuve		Pont du Château	
	< 2μ	2 à 20μ	< 2μ	2 à 20μ
Smectite	40,0	32	54,0	40
Kaolinite	21,0	25	23,0	30
Illite	22,0	20	15,0	10
Plagioclases				
Quartz	14,0	20	2,5	16
Calcaire				
Eau hygroscopique	4,0	3,5	7,5	4
Total	101,0	100,5	102,0	100,0
Surface totale (m ² /g)	350	285	467	349
Surface externe (m ² /g)	132	78	145	88

2. Les rendements observés

Le tableau 3 rapporte les résultats des 3 années d'essais sur maïs et la figure 1 représente les effets K sur 2 ans (Pessat) ou 3 ans (Pont du Château), en fonction des doses de K₂O cumulées correspondantes.

2.1. Pessat-Villeneuve

En 1978, avec la variété LG 9, en présence de N220 P260 uniforme, l'effet potasse a été positif et hautement significatif, pratiquement linéaire de K0 à K500, avec une légère supériorité non significative du sulfate.

En 1979 (LG 9 en présence de N150), l'effet P₂O₅ de P125 à P250 a été modeste (+ 1,0 q/ha). L'effet résiduel potasse est positif et significatif, mais ne se réalise qu'à partir de K500 résiduel. Cet effet résiduel est particulièrement net avec K2500.

Sur la moyenne des 2 ans, l'effet potasse est élevé de K0 à K500 (+ 12 q/ha) et limité ensuite (+ 3 q de K500 à K2500) : figure 1.

En 1980 (LG 9 en présence de N100), l'effet P₂O₅ est demeuré très faible (+ 0,9 q/ha). Le dispositif expérimental a été remanié pour étudier la localisation de K₂O et l'essai n'a pas été significatif.

Le rendement K0 fut d'ailleurs nettement plus élevé qu'auparavant.

En 1980, seul le témoin K0 fut un peu inférieur aux 6 autres traitements K (- 3,2 q/ha en moyenne).

2.2. Pont du Château

En 1978, (variété LG 9), l'essai a été à la limite de la signification.

L'effet potasse s'est traduit par une nette diminution du nombre de pieds versés (8,1 % en K0, 3,1 % en K150 et 0,3 % en K900), une légère augmentation du poids de 1000 grains, et un effet positif sur le rendement de + 8 q/ha en K450.

En 1979 (variété INRA 260), l'effet P₂O₅ de P125 à P250 a été nul (- 0,6 q/ha) et l'effet potasse hautement significatif. Le % de pieds versés est tombé de 18,0 % en K0 à 9,4 % en K450. L'effet K₂O sur le rendement se poursuit jusqu'à K900 (+ 9,6 q/ha).

En 1980 (variété LOR Anjou 28), en présence de N100 P150, l'essai n'a pas été significatif. Seul le témoin K0 fut inférieur aux 4 autres traitements K (- 3,7 q/ha en moyenne).

Tableau 3 : Rendements en q/ha grains à 15 % d'humidité

K ₂ O en kg/ha pour 2 ans (1978+1979)	Pessat-Villeneuve					K ₂ O/an kg/ha	Pont du Château			
	1978	1979	m 2 ans	kg/K ₂ O 1980	1980		1978	1979	1980	m 3 ans
T1 K0	62,4	66,3	64,3	K0	72,8	T1 K0	47,9	64,0	73,2	61,7
T2 K250 C	70,0	65,7	67,9	K60 (1)	75,8	T2 K150	49,0	65,8	76,9	63,9
T3 K500 C	77,7**	74,2*	76,0	K120 l	76,9	T3 K300	51,9	69,0*	77,4	66,1
T4 K1000 C	75,0**	72,9	74,0	K50 p ¹⁾	75,2	T4 K450	56,0*	71,2*	77,2	68,1
T5 K2500 C	78,4**	80,2**	79,3	K50 p	77,0	T5 K900	54,1	73,6**	76,4	68,0
T6 K1000 S	77,5**	75,1*	76,3	K250 p	75,7	—	—	—	—	—
T7 K2500 S	81,2**	79,3**	80,2	K250 p	75,7	—	—	—	—	—
ppds 0,05	8,6	7,2	—	NS	—	ppds 0,05	8,1	5,0	5,0	—
CV (%)	7,7	8,7	—	4,5	—	CV (%)	13	8,6	4,4	—

1) l = localisation, p = apport en plein

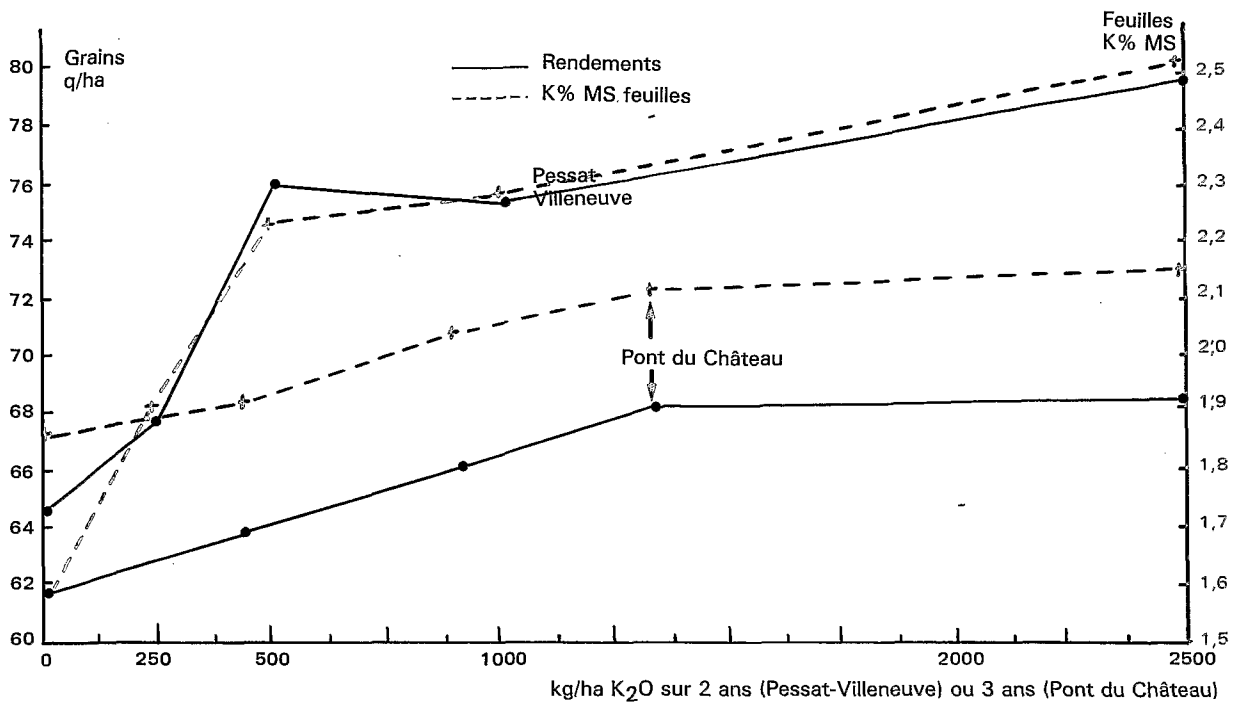


Figure 1
Effet K₂O sur maïs à Pessat-Villeneuve et Pont du Château

Sur la moyenne des 3 ans (figure 1), l'effet potasse est pratiquement linéaire de K0 à K450 et plat ensuite.

Les principales conclusions que l'on peut tirer sont les suivantes :

- la réponse du maïs à la potasse est très nette sur les deux essais, mais à condition d'apporter des doses de K₂O très supérieures à celles de la pratique de la fertilisation,

- avec les traitements T2, correspondant à des apports de K310 et K450 sur 3 ans, l'effet potasse moyen est de l'ordre de +3 q/ha seulement,
- les meilleurs résultats correspondent à des doses de correction assez massives (K2500 à Pessat-Villeneuve) ou à des doses annuelles très copieuses (K450 à Pont du Château),
- il apparaît cependant une plus grande inertie à la fumure potassique à Pont du Château.

3. Évolution du potassium échangeable

Le potassium échangeable des sols a été déterminé par parcelle sur les deux essais après la récolte de 1979,

selon deux variantes (avec et sans séchage préalable de la terre).

Tableau 4 : K₂O échangeable (‰) fin 1979

K ₂ O en kg/2 ans	Pessat-Villeneuve						
	K0	K250	K500	K1000	K2500	K1000	K2500
Sols humides	0,168	0,196	0,221	0,282	0,556	0,278	0,465
Sols séchés	0,266	0,277	0,297	0,341	0,540	0,333	0,467
Ecart	+0,098	+0,081	+0,076	+0,059	-0,016	+0,055	+0,002
K ₂ O en kg/2 ans	Pont du Château						
	K0	K300	K600	K900	K1800		
Sols humides	0,283	0,296	0,395	0,398	0,591	—	
Sols séchés	0,485	0,491	0,563	0,571	0,684	—	
Ecart	+0,202	+0,195	+0,168	+0,173	+0,093	—	

L'enrichissement du sol en K₂O échangeable n'a été vraiment net qu'en présence des doses supérieures.

Sur les deux essais, le séchage fait «sortir» des quantités importantes de potasse, très décroissantes avec les doses, particulièrement à Pessat-Villeneuve. A Pont du Château les quantités «sorties» par séchage sont

beaucoup plus importantes qu'à Pessat-Villeneuve.

On peut penser qu'au champ, en particulier pour le maïs en juillet-août, les alternances de sécheresse et d'humidité auront plus d'influence sur la fourniture de potassium à la plante pour les traitements faibles (T1, T2) que pour les traitements élevés (T4, T5).

4. L'alimentation potassique du maïs

Les deux essais ont été suivis par diagnostic foliaire portant sur le tiers médian de la feuille de l'épi à la florai-

son. Le tableau 5 rapporte l'effet des traitements sur les teneurs en potassium.

4.1. Essai de Pessat-Villeneuve

La nutrition azotée a été très satisfaisante chaque année (3,65 % N en 1978, 3,93 % N en 1979 et 3,40 % N en 1980).

La nutrition phosphorique le fut également en 1978 (0,34 % P), en 1979 (0,33 % P) et un peu marginale en 1980 (0,31 % P).

La déficience potassique des traitements T1 (K0) a été très nette en 1978 et 1980 et l'effet des doses de potasse régulièrement très positif et très significatif. Cet

effet est d'ailleurs accusé dès T2 et se poursuit jusqu'à la dose très élevée (T5 et T7).

En dépit du pouvoir fixateur élevé, le potassium a bien pénétré dans la plante et la nutrition potassique était très correcte dès T3.

Corrélativement les teneurs en Ca et Mg ont fortement baissé de K0 à K2500, soit en moyenne sur les trois ans, de 0,66 % à 0,45 % pour le calcium et de 0,60 % à 0,31 % pour le magnésium.

Tableau 5 : Teneurs en K% de matière sèche (feuille de l'épi)

Pessat-Villeneuve						Pont du Château						
K ₂ O kg/ha pour 2 ans		1978	1979	m 2 ans	K ₂ O kg/ha	1980	K ₂ O kg/ha		1978	1979	1980	m 3 ans
T1	K0	1,36	1,76	1,56	K0	1,49	T1	K0	1,83	1,92	1,90	1,88
T2	K250 C	2,00**	1,85	1,92	K60 I	2,00**	T2	K150	1,86	1,92	1,96	1,91
T3	K500 C	2,34**	2,12**	2,23	K120 I	2,18**	T3	K300	2,01*	2,02*	2,13*	2,05
T4	K1000 C	2,42**	2,09**	2,25	K50 p	2,12**	T4	K450	2,09**	2,08**	2,20**	2,12
T5	K2500 C	2,59**	2,39**	2,49	K50 p	2,39**	T5	K900	2,14**	2,10**	2,19**	2,14
T6	K1000 S	2,48**	2,15**	2,30	K250 p	2,28**	—	—	—	—	—	—
T7	K2500 S	2,63**	2,40**	2,52	K250 p	2,47**	—	—	—	—	—	—
ppds	0,05	0,17	0,26	—	—	0,12	ppds	0,05	0,12	0,08	0,11	—
CV (%)	5,0	8,6	—	—	—	5,8	CV (%)	5,2	3,5	4,3	—	—

4.2. Essai de Pont du Château

La nutrition azotée fut également très correcte (3,80 % N en 1978, 4,06 % N en 1979 et 3,57 % N en 1980). Il en fut de même des niveaux en phosphore en 1978 (0,33 % P), 1979 (0,35 % P), contrairement à 1980 (0,30 % P).

L'alimentation potassique des traitements T1 (K0) est beaucoup moins déficiente qu'à Pessat-Villeneuve et peut même être considérée comme normale. L'effet des doses de K₂O est faiblement positif en K150 et plus nettement en K300.

Cet effet est beaucoup moins marqué qu'à Pessat-Villeneuve. L'écart, très comparable en troisième année, T5—T0, est de +0,90 % K à Pessat-Villeneuve contre +0,29 % K à Pont du Château.

Corrélativement, les teneurs en Ca et Mg ont moins baissé qu'à Pessat-Villeneuve de T1 à T5, soit en moyenne sur les trois ans de 0,69 % à 0,60 % pour le calcium et de 0,38 % à 0,29 % pour le magnésium.

Il existe un très bon parallélisme entre l'effet K sur la teneur en K de la feuille de l'épi et l'effet K sur le rendement (figure 1).

Conclusion

Le dépistage de déficiences potassiques en Limagne fut incontestablement un fait agronomique nouveau, intéressant dans le domaine des études théoriques de dynamique du potassium.

Au plan pratique, deux questions se posent :

- 1) comment résoudre les problèmes K rencontrés ?
- 2) quelle extrapolation leur donner ; s'agit-il de cas d'espèces ou de surfaces non négligeables ?

Les deux essais n'apportent pas de réponse entièrement satisfaisante à la première question, le problème étant d'obtenir le meilleur coefficient d'utilisation de l'engrais.

Des doses annuelles de l'ordre de K100 à K150 ne permettent pas d'obtenir, dans ces cas, une nutrition potassique très correcte du maïs. L'étude limitée (1980) de la localisation ne permet pas de conclure à cet égard, mais des résultats significatifs ont été obtenus par ailleurs (2).

Les essais montrent finalement que les apports de correction importants, de l'ordre de K1000, ou les ap-

ports copieux annuels (T4 à Pont du Château) ont à peu près effacé le problème K, ce qui rejoint les résultats sur des essais plus complets de l'Isère dans des conditions de fixation encore plus sévères et où l'optimum consistait en des apports annuels élevés de l'ordre de K400 (2).

Il est apparu également que si le problème K était évité sur ces sols, ceux-ci posaient d'autres problèmes en liaison avec le climat de l'année.

En ce qui concerne l'extrapolation des faits au sein du terroir concerné, il n'y a pas eu d'inventaire précis des situations analogues. En 1978, le Service Agronomique de Limagrain avait procédé à une campagne de diagnostics foliaires du maïs (analyses SCPA) portant sur 113 parcelles de maïs semence LG 9, tirées au sort, en Terres Noires et sols argilo-calcaires de bordure de Limagne. Les cas de malnutrition potassique étaient très limités (6 parcelles avec teneur \leq 2,0 % K). Il convient donc d'éviter toute extrapolation hasardeuse des faits ici rapportés tout en admettant que de tels phénomènes de malnutrition potassique devraient être sous-jacents dans des situations voisines.

Bibliographie sommaire

- (1) B. LE BUANEC, J. QUÉMÉNER et C. ROUGERON. — Existence d'une carence en potasse dans certaines «Terres Noires» de Limagne. C.R. Acad. Agric. Fr. 1979 N° 10, p. 846-852
- (2) A. LOUÉ. — La fertilisation potassique des sols à fort pouvoir fixateur. Dossier K₂O SCPA Mulhouse, 1977 N° 7, 24 p.

AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

DOSSIER K₂O

N° 21 - Février 1982

**PROBLÈMES POTASSIQUES
DANS DIVERS TYPES DE SOLS
D'Auvergne**

Journée d'études du 19 février 1982
de l'Association Française pour l'Étude des Sols (AFES)
à Theix (Puy de Dôme)

SOMMAIRE

	page
CR Introduction, par A. LOUÉ (SCPA).....	2
Présentation, par le Professeur P. LAPADU-HARGUES.....	3
Table des matières de cette présentation.....	8
Aperçu sur les principaux types de sols observés dans les régions occidentale et centrale du département du Puy de Dôme, par J. DEJOU (INRA).....	9
Table des matières de cet aperçu.....	12
Effet positif des fertilisations potassique et magnésienne dans les sols volcaniques du Massif Central, par J. DEJOU et F.X. de MONTARD (INRA).....	13
Table des matières de cet article.....	24
CR Action de la potasse sur des prairies d'altitude du Massif Central, par R. ARNAUD, F.X. de MONTARD, M. NIQUEUX (INRA) et A. LOUÉ (SCPA).....	25
Table des matières de cet article.....	37
Dynamique du potassium dans quelques sols développés sur roches éruptives acides de la Combraille, par J. MORIZET, J. DEJOU et L. Le BLEVENEC (INRA).....	39
Tables des matières de cet article et du suivant.....	48
CR Problèmes de nutrition potassique du maïs dans certaines « Terres Noires » de Limagne, par A. LOUÉ, J. QUÉMÈNER (SCPA) et le Service Agronomique de Limagrain.....	49



SCPA

B02719 x 1 -> 2721