

I.S.S.N. 0151-1629

AU SERVICE DE L'AGRICULTURE

# DOSSIER K<sub>2</sub>O

N

N° 18 - Avril 1981

## COMPARAISON ENTRE LE BLOCAGE DE LA FUMURE POTASSIQUE EN TÊTE DE ROTATION ET SA RÉPARTITION SUR LES CULTURES

par André LOUÉ, Ingénieur Agronome I.N.A. Paris  
Département d'Agronomie de la SCPA - Mulhouse

O.R.S.T.O.M.

Fonds Documentaire

N° : 02718 ex 1

Cote B

Date

## SOMMAIRE

Introduction — Position du problème.....	3
1. Essai de Sancourt (Nord).....	4
1.1. Caractéristiques de l'essai.....	4
1.2. Les rendements observés.....	4
1.2.1. Résultats de la première rotation.....	5
1.2.2. Résultats de la deuxième rotation.....	5
1.2.3. Résultats de la troisième rotation.....	6
1.2.4. Résultats de la quatrième rotation.....	7
1.2.5. Résultats de la cinquième rotation.....	8
1.2.6. Résultats sur l'ensemble des rotations 2-3-4-5.....	9
1.3. Effets des traitements sur la nutrition potassique des cultures.....	10
1.4. Évolution de la teneur en K <sub>2</sub> O du sol.....	12
2. Essai de Locmaria (Morbihan).....	13
2.1. Caractéristiques de l'essai.....	13
2.2. Les rendements observés.....	14
2.2.1. Résultats de la première rotation.....	14
2.2.2. Résultats de la deuxième rotation.....	15
2.2.3. Résultats de la troisième rotation.....	15
2.3. Effets des traitements sur la nutrition potassique des cultures.....	16
2.4. Évolution de la teneur en K <sub>2</sub> O du sol.....	18
3. Essai de Saint Jean sur Moivre (Marne).....	19
3.1. Caractéristiques de l'essai.....	19
3.2. Les rendements observés.....	19
3.2.1. Résultats de la première rotation.....	19
3.2.2. Résultats de la deuxième rotation (1970 à 1974).....	20
3.2.3. Résultats des troisième et quatrième rotations.....	20
3.2.4. Résultats sur l'ensemble de la période (1968 à 1979).....	21
Conclusion générale.....	21
1. Effet moyen du mode de répartition de la fumure potassique sur la rotation.....	21
2. Interaction entre la dose K <sub>2</sub> O de la rotation et son mode de répartition.....	22
3. Considérations relatives à la nutrition potassique des plantes.....	23
4. Considérations relatives à l'enrichissement des sols en potasse.....	23

# COMPARAISON ENTRE LE BLOPAGE DE LA FUMURE POTASSIQUE EN TÊTE DE ROTATION ET SA RÉPARTITION SUR LES CULTURES

par André LOUË, Ingénieur Agronome I.N.A. Paris  
Département d'Agronomie de la SCPA - Mulhouse

## Introduction - Position du problème

En France, la question de la possibilité du blocage de la fumure potassique en tête de rotation est assez souvent posée, et plutôt dans les régions à sols assez bien pourvus en potassium (ou en tout cas, supposés à l'entretien).

Le concept de sol à l'entretien est ici le suivant : le sol à l'entretien (en K) est un sol dans lequel la culture la plus exigeante de la rotation, placée dans les conditions optimales de croissance, ne réagit pas à un apport récent d'engrais ( $K_2O$ ) supérieur à la dose dite d'entretien.

- La question peut en fait être posée à partir de considérations agro-économiques correspondant aux deux situations suivantes :

1 — les agriculteurs à moyens financiers limités, dont les sols ne sont sans doute pas à l'entretien, peuvent se poser le problème d'optimiser une quantité globale de  $K_2O$  pour la rotation, probablement ajustée vers le bas, c'est-à-dire quelle répartition adopter sur les cultures de la rotation pour obtenir les meilleurs résultats économiques sur l'ensemble ;

2 — les agriculteurs dont les sols sont à l'entretien peuvent se poser la question (surtout pour un motif de simplification du travail) de la possibilité de bloquer la dose globale de  $K_2O$  sur la tête de rotation, sans enregistrer de baisse de rendement sur les cultures suivantes ni aussi de baisse de richesse en  $K_2O$  échangeable en fin de rotation. Quelle quantité se fixer pour la rotation et comment la répartir ?

La littérature comporte surtout des approches économiques de ces questions. La réponse à la question 1, de la répartition sur les cultures de la rotation d'une dose totale de  $K_2O$  fixée à l'avance et plutôt ajustée vers le bas est assez bien connue. En théorie, la fumure doit être répartie entre les cultures de telle sorte que le « dernier » kilo appliqué sur chacune procure le même profit. On pourrait donc concevoir le blocage de la totalité de la dose sur la plante sarclée, tête de rotation, qui répond en général très bien à la potasse. Cette solution implique cependant que les céréales, par exemple, trouvent suffisamment de réserves  $K_2O$  dans le sol soit par reliquat de la dose appliquée sur la tête de rotation, soit des réserves de sol. Sur le plan économique la solution n'est valable que s'il n'y a pas appauvrissement des réserves du sol en fin de rotation.

La réponse à la question 2, qui pose le problème de la dose globale de la rotation et de sa répartition, dépend des conditions de sol (CEC par exemple) et du type de rotation (betterave, blé ou betterave, blé, orge ou maïs, blé, orge par exemple).

Théoriquement seule l'expérimentation peut permettre de répondre aux questions suivantes :

- Y a-t-il un risque de baisse de rendement pour les cultures suivantes, ne recevant pas de potasse ?
- Y a-t-il un risque de lessivage de  $K_2O$  du fait de l'apport de doses a priori copieuses et donc un risque de plus faible enrichissement, voire d'appauvrissement ?
- Y a-t-il un risque nutritionnel pour la culture tête de rotation (consommation de luxe ou induction d'une déficience, telle que K/Mg par exemple) ?

Malheureusement, de telles expérimentations sont très peu nombreuses. Ce ne peuvent être que des essais de longue durée concernant au minimum trois rotations.

Le dispositif le meilleur devrait comporter chaque année les diverses cultures de la rotation.

Le Département d'Agronomie de la SCPA a conduit trois essais sur ce thème dont les résultats vont être examinés pour tenter de répondre aux questions posées plus haut :

- 1 — Essai de Sancourt (Nord) - rotation plante sarclée, blé, orge - suivi pendant 15 ans (5 rotations de 1961 à 1975) ;
- 2 — Essai de Locmaria (Morbihan) - rotation plante sarclée, blé, orge - suivi pendant 9 ans (3 rotations de 1966 à 1974) ;
- 3 — Essai de Saint Jean sur Moivre (Marne) - rotation luzerne, blé, orge puis betterave, blé (1968 à 1980).

# 1. ESSAI de SANCOURT (Nord)

## 1.1 CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI

Les principales caractéristiques de sol figurent au tableau 1. Il s'agissait d'un sol sablo-limoneux, assez éloigné de l'entretien en potassium, avec un taux de saturation en K (K/CEC) voisin de 2,1 %.

Tableau 1 : Caractéristiques de sol de l'essai de Sancourt, en début d'essai

Analyse physique (% de terre fine)	Sol		Analyse chimique	Sol	
	Sol	Sous-sol		Sol	Sous-sol
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	2,2	2,4	pH	6,4	7,1
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	15,2	13,5	N total (‰)	1,50	0,65
Sable très fin (0,05 à 0,02 mm)	46,1	45,0	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. (‰)	0,35	0,13
Limon (0,02 à 0,002 mm)	21,0	21,6	K <sub>2</sub> O éch. (‰)	0,12	0,08
Argile (inf. à 0,002 mm)	13,6	16,2	CaO éch. (‰)	3,53	2,91
Matière organique	2,9	1,3	MgO éch. (‰)	0,09	0,10
			Capacité tot. éch. (méc %)	12,6	13,8

Le dispositif expérimental comportait 4 répétitions de 6 traitements, soit 24 parcelles au total.

Au cours des trois premières rotations, trois fumures potassiques globales (K=0, 200, 400 kg/ha K<sub>2</sub>O pour 3 ans) correspondant à l'ensemble de la rotation triennale (plante sarclée, blé, orge) ont été étudiées. A partir de la quatrième rotation (1970-1971-1972), ces doses sur 3 ans ont été portées à K0, K250, K500, la répartition sur les 3 ans étant inchangée et conforme au ta-

bleau 2 (la fumure potassique de l'année est intitulée k).

La répartition R1 correspond au blocage sur la plante sarclée.

La répartition R2 a correspondu, au cours des deux premières rotations, à 0 - 1/2 - 1/2 et ce système a été remplacé ensuite par l'apport de doses égales sur les trois cultures de la rotation (1/3 - 1/3 - 1/3) ; enfin la répartition R3 (1/2 - 1/4 - 1/4) n'est étudiée qu'au niveau K2.

Tableau 2 : Caractéristiques des 6 traitements potassiques de l'essai de Sancourt

Répartition de la fumure potassique (k) au cours de la rotation (en kg/ha K <sub>2</sub> O)		Fumure potassique globale (K) appliquée au cours de la rotation sur 3 ans					
		K0	K1 R1	K1 R2	K2 R1	K2 R2	K2 R3
<b>1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> rotations</b>		K0	K200		K400		
Plante sarclée	1961-64	0	200	0	400	133	200
Blé	1962-65	0	0	100	0	133	100
Orge	1963-66	0	0	100	0	133	100
<b>3<sup>e</sup> rotation</b>		K0	K200		K400		
Plante sarclée	1967	0	200	66	400	133	200
Blé	1968	0	0	66	0	133	100
Orge	1969	0	0	66	0	133	100
<b>4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> rotations</b>		K0	K250		K500		
Plante sarclée	1970-73	0	250	83	500	166	250
Blé	1971-74	0	0	83	0	166	125
Orge	1972-75	0	0	83	0	166	125

## 1.2 LES RENDEMENTS OBSERVÉS

Les résultats techniques (rendements) sont résumés dans l'ordre des rotations et synthétisés par des indices calculés par rapport à l'indice 100 correspondant au témoin K0.

Dans chaque tableau, on a fait figurer l'effet K (K1 et K2) et l'effet R (R1 et R2). Les rendements K1 et K2 ainsi calculés chaque année sont les moyennes des deux répartitions R1 et R2 (à l'exclusion de R3 en K2). Chaque année, ils représentent donc les effets des doses K1 et K2 jusqu'alors appliquées. On peut d'autre part constater que la différence K2 R3 - K1 R1 (traitements comportant la même dose de K<sub>2</sub>O sur la plante sarclée) mesure en fait sur la plante sarclée l'effet des antécédents K1 et K2.

### 1.2.1. RÉSULTATS DE LA PREMIÈRE ROTATION

Tableau 3 : Rendements obtenus au cours de la première rotation (1961 à 1963)

	1961 Betterave sucrière à 16 %		1962 Blé		1963 Orge		Indices moyens
	t/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	
K0	49,8	100,0	53,5	100,0	47,8	100,0	100,0
K1 R1	51,3	103,3	50,1	93,6	46,5	97,3	98,0
K1 (R2)	48,1	96,6	52,1	97,4	48,0	100,4	98,1
K2 R1	54,6	109,6	55,0	102,8	45,9	96,0	102,8
K2 R2	52,0	104,4	50,2	93,8	46,8	97,9	98,7
K2 R3	51,9	104,2	53,2	99,6	46,8	97,9	100,6
ppds 0,05	5,8	11,6	6,6	12,3	2,6	5,4	—
K1	49,7	100,0	51,1	95,5	47,2	98,8	98,1
K2	53,3	107,0	52,6	98,3	46,3	97,0	100,7
R1	52,9	106,4	52,5	98,2	46,2	96,6	100,4
(R2)	50,1	100,5	51,2	95,6	47,4	99,2	98,4

Les résultats de la première rotation sont donnés pour mémoire et montrent qu'au cours de cette phase initiale, les traitements furent globalement équivalents. Sur toute la période, seul le traitement K400 bloqué (K2 R1) s'est détaché sur betteraves en 1961. Les résultats

sur blé et orge ont été très peu différenciés. L'essai n'est d'ailleurs interprétable qu'à partir de la deuxième rotation, lorsque les traitements globaux K0, K200, K400 ont été appliqués.

### 1.2.2. RÉSULTATS DE LA DEUXIÈME ROTATION

Au cours de la deuxième rotation, l'effet potasse s'est développé et a été hautement significatif sur pomme de terre et sur blé (tableau 4).

Tableau 4 : Rendements obtenus au cours de la seconde rotation (1964 à 1966)

	1964 Pomme de terre		1965 Blé		1966 Orge		Indices moyens
	t/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	
K0	35,9	100,0	52,9	100,0	35,0	100,0	100,0
K1 R1	43,3**	120,6	58,2**	110,0	34,0	97,1	109,2
K1 (R2)	42,8**	119,2	61,8***	116,8	36,8**	105,1	113,7
K2 R1	57,3***	131,7	59,4**	112,3	34,9	99,7	114,6
K2 R2	48,3***	134,5	62,6***	118,3	36,1	103,1	118,6
K2 R3	44,4**	123,7	59,1**	111,7	35,1	100,3	111,9
ppds 0,05	4,4	12,2	3,6	6,8	1,3	3,7	—
ppds 0,01	6,1	17,0	5,0	9,4	1,7	4,8	—
CV (%)	6,5	—	4,0	—	2,2	—	—
K1	43,0	119,9	60,0	113,4	35,4	101,0	111,4
K2	47,8	133,1	61,0	115,3	35,5	101,4	116,6
R1	45,3	126,1	58,8	111,1	34,4	98,4	111,9
(R2)	45,6	126,8	62,2	117,6	36,5	104,1	116,2

a) Sur pomme de terre (variété Bintje, en présence d'une fumure NP uniforme de N150 P150) les effets résiduels K ont été beaucoup plus nets que les effets annuels k. Néanmoins, les meilleurs résultats ont correspondu à la dose K2 (400 kg/ha K<sub>2</sub>O) répartie également sur l'ensemble de la rotation triennale (K2 R2).

b) Sur blé (variété Champlain, en présence d'une fumure NP uniforme de N65 P100), on observe un effet hautement significatif de la fumure potassique antérieure, en l'absence de fumure potassique annuelle (+ 5,3 q/ha en K1 et + 6,5 q/ha en K2). L'apport bloqué en tête se traduit par une baisse de rendement en grain

de 3,6 q/ha au niveau K1 et de 3,2 q/ha au niveau K2. Le meilleur rendement en grain (62,6 q/ha) et le meilleur poids spécifique (69,8) ont encore été obtenus avec K2 R2.

c) **Sur orge** (variété Volla, en présence d'une fumure NP uniforme de N60 P100), l'effet résiduel de la fumure potassique bloquée sur plante sarclée semble avoir disparu. La fumure potassique annuelle sur orge (k) a entraîné une augmentation de rendement de 1 à 2 q/ha.

**En conclusion, sur l'ensemble de la deuxième rotation, l'effet de la dose sur la rotation ressort à +11,4 % en K200 et +16,6 % en K400. L'effet répartition (R) a**

**été en faveur de la répartition uniforme (R2) en raison de l'infériorité de l'apport bloqué en tête sur le blé suivant et secondairement sur l'orge.**

Le traitement K2 R3, rapproché de K1 R1 permet de comparer l'apport K200 limité à la plante sarclée au même apport suivi de K100 sur chacune des céréales. Au cours de la seconde rotation, K2 R3 a apporté une amélioration de rendement sur les trois cultures (+1,1 t/ha pomme de terre, +0,9 q/ha blé et +1,1 q/ha orge, soit un effet moyen de +2,7 %). On peut aussi dire qu'en présence de K200 sur pomme de terre, l'effet de l'antécédent (K2 - K1) a été de +1,1 t/ha.

### 1.2.3. RÉSULTATS DE LA TROISIÈME ROTATION

Au cours de la troisième rotation, l'effet potasse a été moins marqué qu'au cours de la précédente. Il a été hautement significatif sur betterave et significatif sur blé.

Tableau 5 : Rendements obtenus au cours de la troisième rotation (1967 à 1969)

	1967		1968		1969		Indices moyens
	Betterave sucrière à 16 % t/ha	%	Blé q/ha	%	Orge q/ha	%	
K0	45,7	100,0	46,6	100,0	33,6	100,0	100,0
K1 R1	55,0**	120,3	48,1	103,2	32,8	97,6	107,0
K1 R2	51,5*	112,7	49,6*	106,4	31,3	93,2	104,1
K2 R1	59,9***	131,1	48,3	103,6	33,0	98,2	111,0
K2 R2	57,9**	126,7	50,5**	108,4	33,7	100,3	111,8
K2 R3	56,4**	123,4	48,4	103,9	34,6	103,0	110,1
ppds 0,05	5,8	12,7	2,4	5,1	3,4	10,1	—
ppds 0,01	8,1	17,7	3,4	7,3	—	—	—
CV (%)	7,1	—	3,3	—	6,9	—	—
K1	53,2	116,4	48,8	104,8	32,1	95,4	105,6
K2	58,9	128,9	49,4	106,0	33,3	99,3	111,4
R1	57,4	125,6	48,2	103,4	32,9	97,9	109,0
R2	54,7	119,7	50,0	107,4	32,5	96,7	107,9

a) **Sur betterave sucrière** (variété Desprez Polybeta, en présence d'une fumure NP uniforme de N140 P150), quatre traitements ont été nettement supérieurs. Ils correspondent soit à la dose K400 sur la rotation, soit à la dose K200, à condition qu'elle ait été bloquée sur les betteraves. La figure 1 représente l'effet de la fumure potassique bloquée sur betterave (traits pleins) ou répartie également sur les trois cultures (traits discontinus). L'effet potasse s'est porté à la fois sur les rendements en racines et sur la richesse saccharine, soit respectivement 43,4 - 50,7\* - 53,7\* t/ha racines à respectivement 16,7 - 17,1 - 17,5\*\* % de sucre pour la potasse bloquée R1 et 43,4 - 47,8 - 53,0\*\* t/ha racines à respectivement 16,7 - 17,0 - 17,2\* % de sucre pour la potasse répartie selon R2 (ppds 0,05=0,5 % et ppds 0,01=0,7 % de richesse saccharine). Le traitement K1 R2 (répartition égale d'une dose très moyenne), a été visiblement très pénalisé. On constate enfin qu'en présence de K200 sur betterave, l'effet de l'antécédent (K2 - K1) a été de +1,4 t/ha (K2 R3 - K1 R1).

b) **Sur blé** (variété Cappelle, en présence d'une fumure NP uniforme de N80 P100), la potasse bloquée en tête a présenté un effet résiduel positif mais non significatif sur les grains (+1,5 q/ha en K1 et +1,7 q/ha en K2), hautement significatif sur les pailles (respectivement

38,2 - 43,3\*\* - 45,7\*\* q/ha avec ppds 0,05=3,6 q/ha et ppds 0,01=4,9 q/ha) ainsi que sur le poids spécifique (70,8 - 71,8 - 72,0). La fumure potassique répartie selon R2 a eu un effet positif et significatif sur les grains (+3,0 q/ha en K1 et +3,9 q/ha en K2) ainsi que sur les pailles (respectivement 38,2 - 48,3\*\*\* - 51,1\*\*\* q/ha) et sur le poids spécifique (70,8 - 71,0 - 72,3).

c) **Sur orge** (variété Ingrid, en présence d'une fumure NP uniforme de N60 P100), l'essai ne fut significatif ni pour les grains ni pour la paille.

**En conclusion, sur l'ensemble de la troisième rotation, l'effet de la dose globale sur la rotation (K) ressort à +5,6 % en K200 et +11,4 % en K400.**

**Les faits les plus notables ont été, d'une part l'infériorité sur betterave de la répartition R2 de la dose K200 par insuffisance de fertilisation potassique de la betterave sur sol non enrichi et d'autre part, l'infériorité sur le blé suivant de l'apport bloqué sur betterave.**

**Il y a eu à peu près compensation entre ces deux effets, de telle sorte que l'effet global de la répartition (R) a été modique.**

La comparaison K2 R3/K1 R1 montre un effet bénéfique de +1,4 t/ha betteraves, +0,3 q/ha blé, +1,8 q/ha orge, soit un effet moyen de +3,1 %.

## 1.2.4. RÉSULTATS DE LA QUATRIÈME ROTATION

Tableau 6 : Rendements obtenus au cours de la quatrième rotation (1970 à 1972)

	1970 Betterave sucrière à 16 % t/ha %		1971 Blé q/ha %		1972 Escourgeon q/ha %		Indices moyens
	t/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	
K0	52,0	100,0	44,0	100,0	63,6	100,0	100,0
K1 R1	58,1**	111,7	47,1**	107,0	63,9	100,5	106,4
K1 R2	59,2**	113,8	46,2**	105,0	62,1	97,6	105,5
K2 R1	65,7***	126,3	48,8***	110,9	63,0	99,1	112,1
K2 R2	65,0***	125,0	46,4**	105,4	61,3	96,4	108,9
K2 R3	62,7***	120,6	47,0**	106,8	62,4	98,1	108,5
ppds 0,05	4,2	8,1	1,2	2,7	NS	—	—
ppds 0,01	5,9	11,3	1,7	3,9	—	—	—
CV (%)	5,6	—	1,8	—	2,5	—	—
K1	58,6	112,8	46,7	106,0	63,0	99,0	105,9
K2	65,3	125,6	47,6	108,2	62,2	97,8	110,5
R1	61,9	119,0	47,9	109,0	63,4	99,8	109,3
R2	62,1	119,4	46,3	105,2	61,7	97,0	107,2

Au cours de la quatrième rotation, l'effet potasse a été un peu plus marqué qu'au cours de la troisième. Il a encore été hautement significatif sur betterave et sur blé.

a) Sur betterave sucrière (variété Poly-Desprez, en présence d'une fumure NP uniforme de N150 P150), l'effet dose de potasse sur la rotation fut encore très dominant. L'écart K2 R3 - K1 R1 indique un effet de l'antécédent (K2 - K1) de +4,6 t/ha, en présence de K250 sur betteraves.

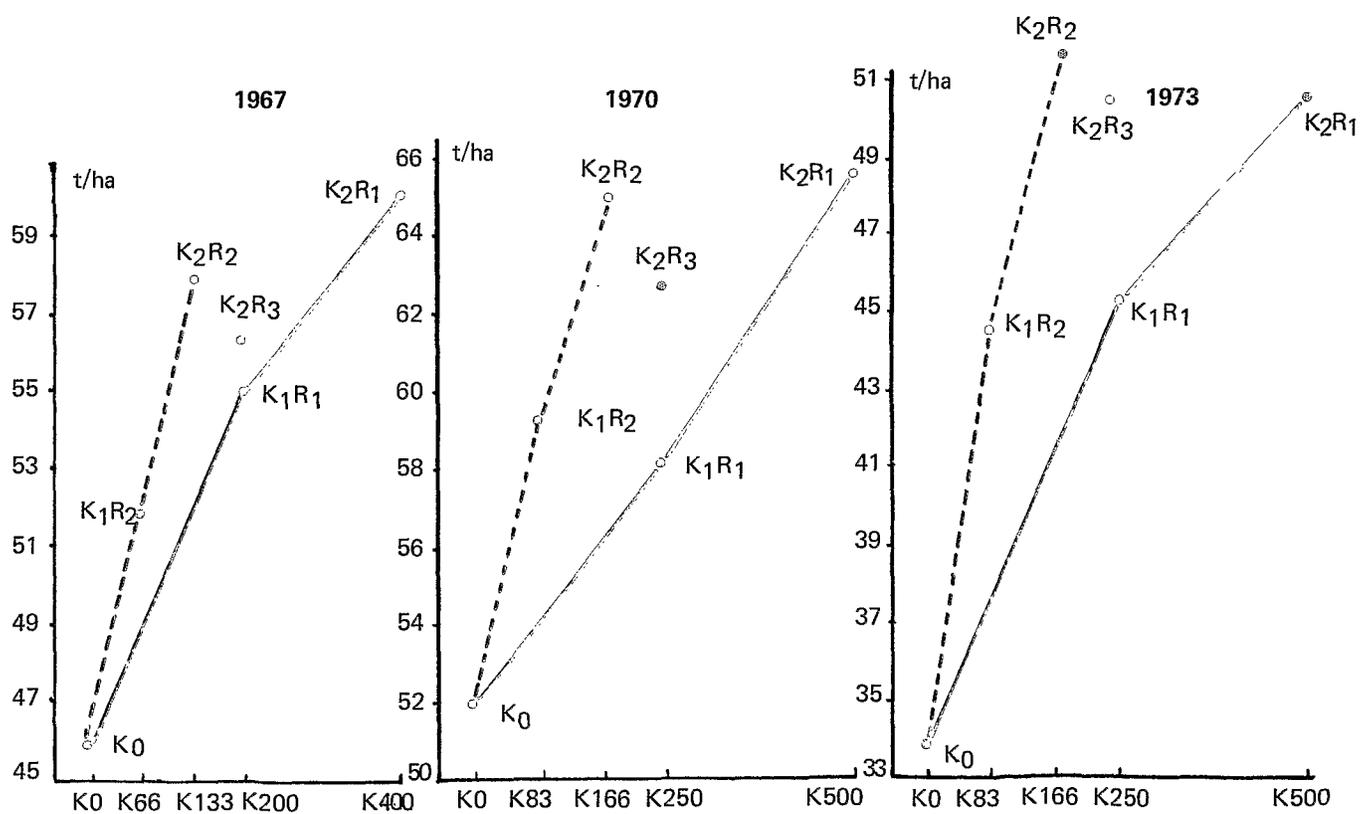
L'effet de la potasse bloquée sur betterave a été de :

44,42 - 48,92 - 53,68 t/ha racines et de 18,22 - 18,45 - 18,90 % sur la richesse saccharine.

L'effet de la potasse également répartie a été de : 44,42 - 49,09 - 53,75 t/ha racines et de 18,22 - 18,67 - 18,72 % sur la richesse saccharine.

La figure 1 représente l'effet de la fumure potassique bloquée sur betterave (traits pleins) ou répartie également (traits discontinus) sur les racines ramenées à 16 % de richesse saccharine (tableau 6). On constate que ces deux effets sont très voisins et pratiquement linéaires.

Figure 1 — Effet de la dose de K<sub>2</sub>O et de son mode de répartition, sur betterave sucrière (racines à 16 %)



**b) Sur blé** (variété Champlain, en présence d'une fumure NP uniforme de N100 P100), la potasse bloquée en tête, a présenté un effet résiduel positif hautement significatif (+3,1 q/ha en K1 et +4,8 q/ha en K2 sur les grains, +3,1 q/ha en K1 et 5,9 q/ha en K2 sur la paille, et +0,75 unité PS).

La fumure potassique répartie également semble avoir été moins efficace. Les conclusions n'ont donc pas été dans le même sens que par le passé où la supériorité de l'apport de K<sub>2</sub>O sur blé était apparue. Il est vrai que les rendements de 1971 ont été très groupés et seule l'in-

fériorité du témoin K0 fut manifeste, aussi bien sur le rendement que sur la qualité.

**c) Sur escourgeon** (variété Astrix, en présence d'une fumure NP uniforme de N80 P100), les rendements des six traitements (K0 compris) ont été élevés et très groupés et les différences sans signification.

**En conclusion, sur l'ensemble de la quatrième rotation, l'effet de la dose sur la rotation ressort à +5,9 % en K250 et +10,5 % en K500. L'effet répartition fut modique.**

### 1.2.5. RÉSULTATS DE LA CINQUIÈME ROTATION

Au cours de la cinquième rotation, l'effet potasse s'est amplifié et, comme pour les autres séquences, il a été hautement significatif sur betterave et sur blé.

**a) Sur betterave sucrière** (variété Megapoly, en présence d'une fumure NP uniforme de N150 P150), l'effet potasse rotation fut encore très dominant. L'effet de la potasse bloquée sur betterave fut très accusé. La fonction de production pour l'effet potasse appliquée en tête de rotation est la suivante:  $R (t/ha) = 33,37 + 0,06068 K - 0,0000528 K^2$ . Le rendement

maximal théorique se situe légèrement hors essai (50,8 t/ha avec K575). L'effet de la potasse également répartie est très important et représenté par une fonction de production dont le rendement maximal théorique calculé est de 54,3 t/ha avec K261, assez supérieur au maximum théorique en cas de potasse bloquée.

Tableau 7 : Rendements obtenus au cours de la cinquième rotation (1973 à 1975)

	1973		1974		1975		Indices moyens
	Betterave sucrière à 16 % t/ha	%	Blé q/ha	%	Escourgeon q/ha	%	
K0	33,4	100,0	60,3	100,0	48,0	100,0	100,0
K1 R1	45,2**	135,3	64,1*	106,3	48,4	100,8	114,1
K1 R2	44,5*	133,2	65,5**	108,6	54,5	113,5	118,4
K2 R1	50,5**	151,2	64,7**	107,3	54,2	112,9	123,8
K2 R2	51,5**	154,2	65,9**	109,3	52,3	108,9	124,1
K2 R3	50,4**	150,9	64,9**	107,6	49,2	102,5	120,3
ppds 0,05	8,3	24,8	2,8	4,6	6,6	13,7	—
ppds 0,01	11,5	34,4	3,9	6,5	—	—	—
CV (%)	12,1	—	2,9	—	8,6	—	—
K1	44,8	134,2	64,8	107,4	51,4	107,2	116,3
K2	51,0	152,7	65,3	108,3	53,3	110,9	124,0
R1	47,8	143,2	64,4	106,8	51,3	106,8	118,9
R2	48,0	143,7	65,7	109,0	53,4	111,2	121,3

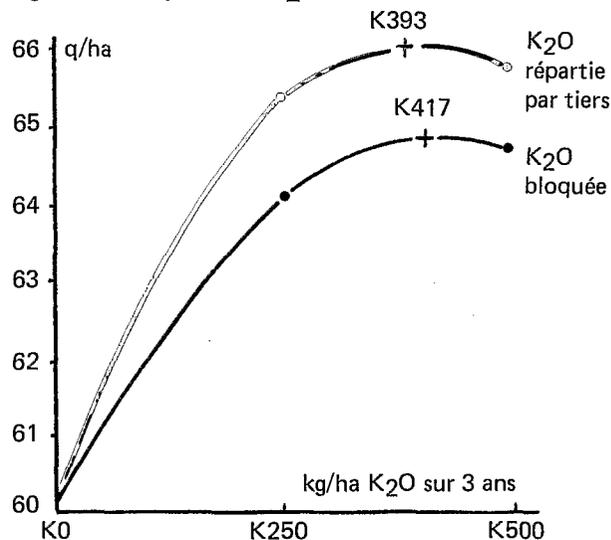
La figure 1 précédente représente l'effet K<sub>2</sub>O sur betterave. L'écart K2 R3 - K1 R1 indique un effet de l'antécédent (K2 - K1) de +5,2 t/ha, en présence de K250.

**b) Sur blé** (variété Champlain, en présence d'une fumure NP uniforme de N100 P100), la potasse bloquée en tête a présenté un effet résiduel positif et hautement significatif (+3,8 q/ha en K1 et +4,4 q/ha en K2 sur les grains). La fonction de production pour l'effet potasse appliquée en tête de rotation indique un rendement maximal théorique avec la dose K417 bloquée.

La fumure potassique répartie également fut un peu plus efficace et est représentée par une fonction de production dont le rendement maximal supérieur au précédent est obtenu avec la dose annuelle K131 (soit K393 théoriquement sur 3 ans). La figure 2 représente ces deux réponses sur blé.

**c) Sur escourgeon** (variété Ager, en présence d'une fumure NP uniforme de N100 P100), les résultats n'ont pas été significatifs. Cependant, le blocage de la dose K1 semble avoir été inférieur.

Figure 2 — Réponses à K<sub>2</sub>O sur blé en 1974.



En conclusion, sur l'ensemble de la cinquième rotation, l'effet de la dose sur la rotation ressort à +16,3 % en K250 et +24,0 % en K500. L'effet répartition fut assez faible. Il y a cependant eu une indication sur betterave et sur blé selon laquelle les fonctions de production potasse calculées pour les systèmes R1 et R2

conduisent à un rendement maximal théorique supérieur avec la répartition R2.

La comparaison K2 R3/K1 R1 montre un effet bénéfique important sur betterave (+5,2 t/ha) et faible sur céréales (+0,8 q/ha).

### 1.2.6. RÉSULTATS SUR L'ENSEMBLE DES ROTATIONS 2 - 3 - 4 - 5

a) Sur plantes sarclées, la réponse à la potasse de la rotation a été très élevée, de l'ordre de +20 % en K1 et +33 % en K2. Le rendement maximal est loin d'avoir été atteint. Il eût exigé, très théoriquement, une dose K3,35 soit en moyenne sur les quatre rotations environ 750 kg K<sub>2</sub>O/ha par rotation.

Tableau 8 : Rendements obtenus au cours des rotations 2, 3, 4, 5 (1964 à 1975)

	1964 Pomme de terre		1967-70-73 Betterave sucrière		1965-68-71-74 Blé		1966-69-72-75 Orge		Indices* moyens sur 12 ans
	t/ha	%	t/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	
K0	35,9	100,0	43,7	100,0	50,95	100,0	45,05	100,0	100,0
K1 R1	43,3	120,6	52,8	120,82	54,37	106,7	44,77	99,37	109,17
K1 R2	42,8	119,2	51,7	118,30	55,77	109,5	46,17	102,48	110,42
K2 R1	47,3	131,7	58,7	134,32	55,30	108,5	46,27	102,71	115,37
K2 R2	48,3	134,5	58,1	132,95	56,35	110,6	45,85	101,77	115,72
K2 R3	44,4	123,7	56,5	129,29	54,85	107,7	45,32	100,60	112,70
K1	43,0	119,9	52,3	119,56	55,07	108,1	45,47	100,92	109,80
K2	47,8	133,1	58,4	133,63	55,82	109,6	46,06	102,24	115,62
R1	45,3	126,1	55,7	127,57	54,83	107,6	45,52	101,04	112,27
R2	45,6	126,8	54,9	125,62	56,06	110,0	46,01	102,12	113,15

\* moyennes des indices moyens des 4 rotations.

Il est donc normal que l'effet répartition soit en moyenne sur plante sarclée en faveur du blocage.

b) Sur le blé suivant, la réponse à la potasse de la rotation fut de +8,1 % en K1 et +9,6 % en K2. Le rendement maximal se serait situé, théoriquement, à un niveau K 1,73, soit en moyenne 389 kg K<sub>2</sub>O/ha par rotation.

L'infériorité du blocage de la dose sur plante sarclée apparaît nettement (-2,8 % en moyenne au niveau K1 et -2,1 % au niveau K2).

c) Sur l'orge/escourgeon venant en fin, la réponse à la potasse de la rotation a été médiocre (de l'ordre de +1 % en K1 et +2 % en K2).

En conclusion, sur l'ensemble des quatre rotations, l'effet de la dose sur la rotation ressort à +9,8 % en K1

(K225 en moyenne) et +15,6 % en K2 (K450).

L'effet répartition fait ressortir une légère infériorité moyenne du blocage (au niveau K1).

Le rendement maximal eut exigé théoriquement un niveau K2,95 soit en moyenne sur les quatre rotations environ 660 kg K<sub>2</sub>O/ha par rotation.

La comparaison K2 R3/K1 R1 montre un effet bénéfique important sur plantes sarclées et faible sur céréales. Cela veut dire que « l'impasse à la potasse » sur céréales, après K250 sur betteraves, affecte plus la betterave que les céréales. Cela veut dire aussi que l'effet de l'antécédent (K2-K1) est important sur betterave, même recevant K250. Il faut regretter que l'essai n'ait pas comporté la même comparaison au niveau K500 betteraves (soit K500 K0 K0 et K500 K125 K125).

#### Remarque : aspect économique du problème

Le tableau 9 rapporte les valeurs moyennes des 12 récoltes des 4 dernières rotations, calculées sur la base de 400 F/tonne de pommes de terre, 190 F/tonne de betteraves à 16 %, 93 F/quintal de blé et 86 F/quintal d'orge. Le profit dû à la fumure potassique a été calculé sur la base de 1,20 F/kg K<sub>2</sub>O. Cette interprétation économique simplifiée est donc basée sur des prix de 1980.

Le profit moyen dû à la fumure potassique ressort à 694 F/ha/an en K1 et 1095 F/ha/an en K2.

L'écart R2 - R1, déjà faible au niveau des rendements (+0,88 % de l'indice K0) est encore plus faible au niveau

des valeurs des récoltes (+0,39 %). Cela tient à ce que les plantes sarclées qui représentent le tiers pour les indices des rendements, représentent à elles seules plus de la moitié de la valeur des trois récoltes de la rotation.

En d'autres termes, la supériorité de R1 sur betterave (+0,8 t/ha) correspond à +152 F/ha et est contrebalancée par son infériorité sur blé (-114 F/ha) et orge (-42 F/ha).

Il en résulte qu'au plan économique, les différences sont très minimes en ce qui concerne le mode de répartition de la fumure potassique.

Tableau 9 : Profits dus à la fumure potassique selon la dose et sa répartition

	Valeurs de 4 récoltes en F/ha			Totaux 12 cultures F/ha	Indices	Profit/KO F/ha/an
	Plantes sarclées 1964-67-70-73	Blé 1965-68-71-74	Orge 1966-69-72-75			
K0	39 269	18 954	15 439	73 662	100,00	0
K1 R1	47 416	20 226	15 342	82 984	112,65	687
K1 R2	46 589	20 746	15 823	83 158	112,89	701
K2 R1	52 379	20 856	15 713	88 806	120,56	1082
K2 R2	52 437	20 962	15 532	89 112	120,97	1108
K2 R3	49 965	20 404		85 901	116,61	840
K1	47 011	20 485	15 583	83 079	112,78	694
K2	52 408	20 766	15 785	88 959	120,77	1095
R1	49 869	20 398	15 600	85 867	116,57	884
R2	49 533	20 854	15 768	86 155	116,96	904

### 1.3. EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA NUTRITION POTASSIQUE DES CULTURES

Chaque année ou presque, depuis 1964, l'essai a été suivi par des diagnostics en cours de végétation ou par des analyses de plantes à la récolte. On ne relatara ici que les faits saillants concernant le potassium.

L'alimentation potassique des pommes de terre de 1964 (tableau 10) était très déficiente pour les traitements n'ayant pas reçu de potasse (K0 et K1 R2) ; au niveau K2, elle était à peu près correcte, surtout pour K2 R1 (mais sans consommation pléthorique). Les mêmes faits se retrouvent sur la teneur en K des tubercules. Les exportations de K<sub>2</sub>O par les seuls tubercules étaient telles que le bilan de la rotation était déjà déficitaire en K1 (K200).

Tableau 10 : Prélèvements K<sub>2</sub>O des têtes de rotation de 1964 et 1967

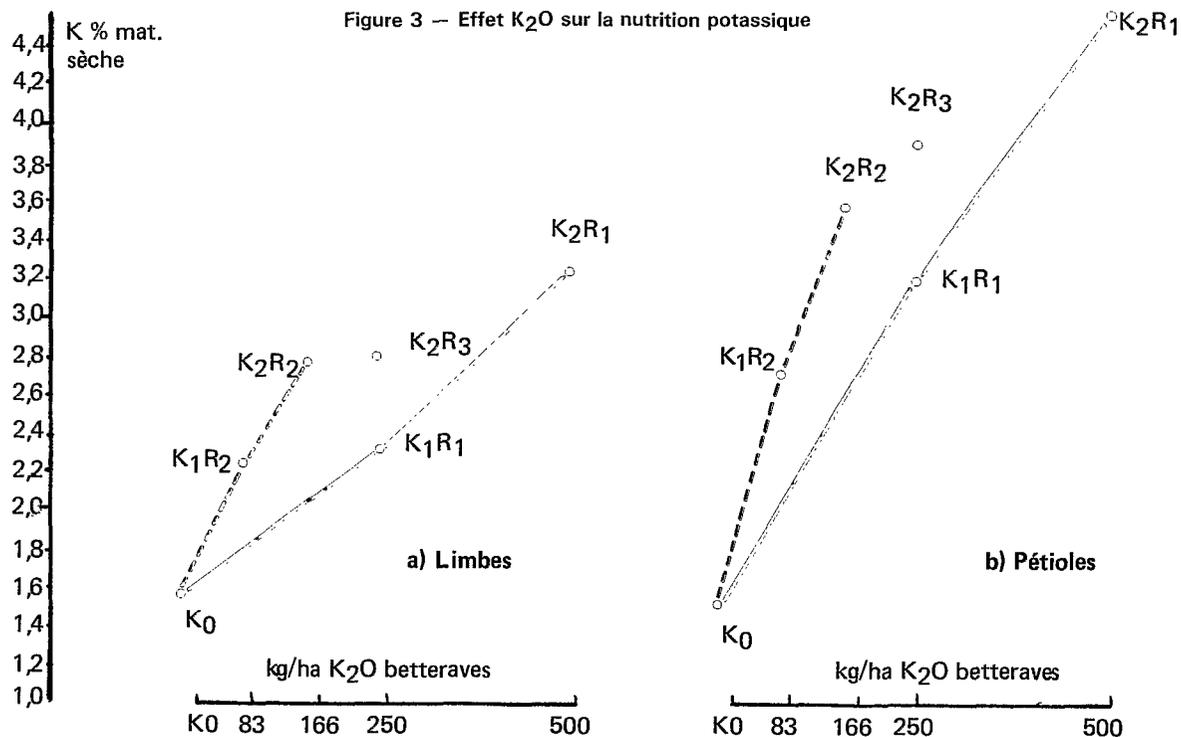
	Pommes de terre 1964			Betteraves 1967		
	K % matière sèche Pétiotes	K <sub>2</sub> O kg/ha Tubercules	K <sub>2</sub> O kg/ha Tubercules	Racines	K <sub>2</sub> O kg/ha Verts	Total
K0	3,10	1,35	145	78	93	171
K1 R1	6,28***	2,00	250	85	140	225
K1 R2	4,15	1,64	194	94	92	186
K2 R1	8,02***	1,94	236	106	154	260
K2 R2	7,66***	1,79	226	105	141	246
K2 R3	7,18***	1,88	224	97	138	235
ppds 0,05	1,52	—	—			

Tableau 11 : Teneurs en K de la betterave de 1970 et du blé de 1971

	Betteraves 1970					Blé 1971	
	K % mat. sèche		K <sub>2</sub> O kg/ha			K % mat. sèche	
	Racines	Collets	Racines	Collets	Total	Feuilles	Grain
K0	0,60	2,10	64	135	199	1,56	0,54
K1 R1	0,84	2,24	102	142	244	2,47***	0,44
K1 R2	0,85	2,58	100	206	306	2,71***	0,45
K2 R1	0,85	2,90	105	210	315	2,85***	0,40
K2 R2	0,90	2,90	105	217	322	2,90***	0,54
K2 R3	0,93	2,58	107	207	314	2,96***	0,58

Sur les betteraves de 1967, la teneur en K des racines est passée de 0,63 à 0,72 et celle des verts, de 1,96 à 2,96 % K. On remarque surtout (tableau 10) l'infériorité d'absorption de K1 R2.

Sur les betteraves de 1970, la teneur en K des verts s'élève avec la dose de potasse de la rotation (2,10 - 2,41 - 2,79 % K) et la dose de potasse sur betterave (2,10 à 2,90 % K).



Le prélèvement de K<sub>2</sub>O est de l'ordre de 105 kg/ha pour les racines et de 210 kg/ha pour les verts. Le bilan n'est donc positif qu'avec K2 R1 (blocage de K500 sur plante sarclée).

Sur le blé de 1971, le diagnostic foliaire montre que la nutrition potassique, faible en K<sub>0</sub>, est normale, sinon assez élevée pour les cinq autres traitements. La teneur en K des grains est diminuée, même par rapport à K<sub>0</sub> lorsqu'il n'y a pas d'apport sur blé (K2 R1).

Sur la betterave de 1973, la figure 3 représente l'effet

des doses de potasse sur l'alimentation potassique. La liaison entre les rendements (figure 1) et la nutrition potassique est évidente.

La teneur en potassium des feuilles + collets s'est élevée avec la dose de potasse de la rotation (2,15 en K<sub>0</sub>, 2,91 en K250 et 3,41 en K500) et la dose de potasse sur betterave (2,15 en K<sub>0</sub> à 3,80 en K500). La teneur en potassium des racines s'est élevée aussi avec la dose de K<sub>2</sub>O de la rotation (0,69 - 1,02 - 0,97 % K) et celle sur betterave (0,69 à 1,13 % K).

Tableau 12 : Teneurs en K des cultures de la 5<sup>e</sup> rotation

	Betteraves sucrières 1973			Blé 1974		Orge 1975			
	K % mat. sèche Pétioles	K % mat. sèche Limbes	K <sub>2</sub> O kg/ha			K % mat. sèche Feuilles	K % mat. sèche Pailles	K % mat. sèche Feuilles	K % mat. sèche Pailles
			Racines	Verts	Total				
K <sub>0</sub>	1,38	1,39	50	78	128	2,11	0,60	1,88	0,65
K <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	3,12	2,13	118	102	220	2,59	0,76	2,51	0,90
K <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	2,57	2,03	83	101	184	2,62	0,90	2,83	1,07
K <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	4,44	3,06	114	144	258	2,85	0,90	2,86	1,30
K <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	3,48	2,61	93	133	226	2,80	0,93	3,12	1,24
K <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	3,76	2,63	92	109	201	2,79	0,90	2,95	1,30
ppds 0,05	0,33	0,41	—	—	—	0,19	—	0,13	—
ppds 0,01	0,46	0,57	—	—	—	0,26	—	0,18	—

Le blocage de K500 sur la betterave n'a pas entraîné de sous-absorption nette d'un autre élément. Ainsi, pour le magnésium, les teneurs des pétioles furent de 0,33 % en K<sub>0</sub> et 0,29 % en K2 R1.

Sur le blé de 1974, suivi par diagnostic foliaire à la floraison portant sur les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles, la nutrition potassique presque normale en K<sub>0</sub>, fut majorée très significativement par les doses de potasse, soit sur la rotation, soit annuelles. L'effet K<sub>2</sub>O bloquée est : 2,11 - 2,59 - 2,85 % K et l'effet K<sub>2</sub>O également répartie est : 2,11 - 2,62 - 2,79 % K.

Les différences de teneurs en K dans les pailles ont été très importantes par rapport à K<sub>0</sub>, mais entre les

cinq autres traitements, les écarts ont été faibles, si l'on excepte le traitement K1 R1 (K<sub>2</sub>O bloquée dose K1) qui semble avoir présenté une dilution.

Sur l'orge de 1975, suivie par diagnostic foliaire à la floraison portant sur les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles, la nutrition potassique fut majorée très significativement par les doses de potasse, soit sur la rotation, soit annuelles. L'effet K<sub>2</sub>O bloquée était : 1,88 - 2,51 - 2,86 % K et l'effet K<sub>2</sub>O également répartie était 1,88 - 2,83 - 3,12 % K. L'effet sur la teneur en K des pailles fut de 0,65 - 0,90 - 1,30 % K pour le blocage et 0,65 - 1,07 - 1,24 % K pour la répartition.

En conclusion, les contrôles de nutrition potassique ont été très explicatifs des rendements.

◦ Au niveau K0, la nutrition potassique a été très insuffisante, tout particulièrement sur plantes sarclées et moins nettement sur céréales.

◦ Au niveau K1 sur la rotation, subsiste une certaine déficience potassique sur les plantes sarclées. Il en résulte qu'à ce niveau, le blocage R1 a en général apporté une amélioration nutritionnelle K bénéfique sur les rendements de ces cultures.

Sur les céréales, par contre, à ce niveau K1, l'absorption potassique a été un peu plus élevée avec la répartition R2 et cela s'est retrouvé principalement au niveau de la teneur en K des pailles.

La moindre nutrition avec R1 a pu expliquer certaines années l'infériorité de R1 sur céréales.

◦ Au niveau K2 sur la rotation, l'alimentation potassi-

que a été correcte sur plantes sarclées, mais sans plus, et plutôt élevée sur céréales. Les différences de nutrition potassique selon R1, R2, R3 ont très peu joué sur les céréales, qu'il s'agisse de diagnostic foliaire ou de teneur en K des pailles.

Enfin les questions des risques de consommation K dite de luxe et des déséquilibres nutritionnels en cas de blocage de fortes doses K<sub>2</sub>O reçoivent ici une réponse négative.

Avec K2R1, la nutrition potassique n'a jamais été pléthorique et il n'y a eu aucun déséquilibre K/Mg. Certes, l'effet K<sub>2</sub>O est négatif sur la teneur des plantes en Mg, mais peu considérable et juste significatif. Même avec K500 la baisse de teneur Mg n'a pas été très marquée.

## 1.4. ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN K<sub>2</sub>O DU SOL

Des échantillons de sol furent prélevés par parcelle à l'issue des 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup>, 4<sup>e</sup>, 5<sup>e</sup> rotations triennales. L'évolution de 1959 (avant essai) à 1975 est la suivante pour la potasse échangeable (tableau 13).

Tableau 13 : Évolution de la teneur en K<sub>2</sub>O échangeable du sol

	K <sub>2</sub> O échangeable ‰ (sol)					K <sub>2</sub> O échangeable ‰ (sous-sol)			
	1959	1966	1969	1972	1975	1959	1966	1972	1975
K0	0,126	0,100	0,090	0,075	0,064	0,079	0,065	0,087	0,062
K1 R1	0,120	0,093	0,100	0,090	0,090**	0,088	0,065	0,075	0,064
K1 R2	0,125	0,100	0,127	0,092	0,085*	0,081	0,058	0,085	0,060
K2 R1	0,124	0,105	0,107	0,100*	0,125***	0,079	0,063	0,085	0,067
K2 R2	0,119	0,123*	0,138**	0,125**	0,150***	0,080	0,068	0,085	0,082
K2 R3	0,126	0,128**	0,145**	0,112**	0,132***	0,084	0,075	0,112	0,079
ppds 0,05	NS	0,020	0,027	0,026	0,016	NS	NS	0,028	0,024
ppds 0,01	—	0,028	0,037	0,035	0,022	—	—	—	—

Bien que les analyses de 1972 et 1975 aient été effectuées par un laboratoire différent, on peut constater que le traitement sans potasse (K0) s'est régulièrement appauvri. Les analyses de 1966 montraient que l'apport de K200 sur la rotation n'avait pas permis de maintenir le niveau potassique initial du sol. On notait déjà un plus fort appauvrissement avec blocage en tête de rotation (K1 R1).

La même infériorité de teneur en R1 s'observait au niveau K400. Seuls les traitements K2 R2 et K2 R3, significativement supérieurs aux autres, avaient permis de maintenir le niveau potassique du sol vers 0,12 ‰.

Les analyses de 1969 ont nettement confirmé les tendances de 1966 : au sein d'une même dose globale K, les apports fractionnés R2 et R3 présentaient des teneurs sensiblement supérieures à celles des apports bloqués.

Les analyses de 1972 furent un peu moins nettes à cet égard sauf pour K2.

Les analyses de fin d'essai dégagent nettement l'effet potasse rotation (0,064 - 0,087 - 0,136 ‰ pour K0, K250, K500) ainsi que l'effet répartition pour la dose

supérieure, le traitement K2 R2 présentant une teneur significativement supérieure à toutes les autres.

D'autre part, le comportement du potassium dans ce sol a été étudié par des méthodes plus élaborées.

En microculture de type Stanford-de Ment, les absorptions par les plantules d'orge ont été voisines de la quantité exprimée par le potassium échangeable, études faites sur des échantillons K0 de 1966. Par contre, il a été trouvé que la régénération du potassium échangeable était assez bonne ; en effet, le potassium échangeable variait très peu au cours de la microculture.

Les mesures faites en colonnettes de terre, ont donné, dans les conditions de l'expérience, un parcours moyen de 20 mm considéré comme assez élevé. Cela indiquerait, en liaison avec la capacité d'échange, une rétention plutôt modérée du potassium. Ce sol ne semble pas capable de retenir de grandes quantités de potassium, ce qui explique assez bien le très faible enrichissement obtenu en 15 ans et la supériorité à cet égard des apports annuels par rapport au blocage (voir K2 R1 en 1966, 1969, 1972).

## ◦ CONCLUSIONS

Les résultats techniques observés de l'essai tendent à montrer que le mode de répartition de la dose de potasse de la rotation sur les trois cultures a beaucoup moins d'incidence que la dose elle-même de la rotation. Il y a cependant tendance à ce que le blocage favorise la plante sarclée et pénalise les céréales. Mais, au plan économique, il y a compensation et les différences entre répartitions sont très minimes.

Néanmoins, les fonctions de production potasse semblent indiquer, dans certains cas, que le rendement maximal théorique calculé serait plus élevé avec la potasse également répartie qu'avec la potasse bloquée.

Dans le cadre d'une agriculture à très hauts rendements céréaliers, il est très probable que le blocage se révélerait plus nettement inférieur (sauf évidemment en présence de hauts niveaux de fertilité potassique).

Les contrôles de nutrition potassique des cultures ont donné des résultats très conformes à ceux des rendements et avec le blocage de K500, il n'y a eu ni « consommation de luxe » ni déséquilibre avec Mg. Enfin, dans les conditions de sols de l'essai, l'enrichissement du sol en potassium échangeable a été minime et il est nettement apparu que la répartition de la potasse sur toutes les cultures était plus susceptible de maintenir ou d'enrichir légèrement le sol que l'apport bloqué sur la plante sarclée.

## 2. ESSAI de LOCMARIA (Morbihan)

### 2.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI

L'essai a porté sur trois rotations, soit : 1) betteraves fourragères, blé, orge en 1966, 1967, 1968 ;  
2) pommes de terre, blé, orge en 1969, 1970, 1971 ;  
3) choux fourragers, blé, orge, en 1972, 1973, 1974.

Les principales caractéristiques de sol figurent au tableau 14. Il s'agissait d'un limon fin, riche en matières organiques et nettement pauvre en potasse.

Tableau 14 : Caractéristiques de sol de l'essai de Locmaria, en début d'essai

Analyse physique (% de terre fine)	Sol		Analyse chimique	Sol	
	Sol	Sous-sol		Sol	Sous-sol
Terre fine (% terre totale)	85,5	92,2	pH	6,0	5,8
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	13,7	13,0	N total (‰)	2,45	0,81
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	5,7	6,4	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. (‰)	0,21	0,07
Sable très fin (0,05 à 0,02 mm)	22,3	23,9	K <sub>2</sub> O éch. (‰)	0,07	0,04
Limon (0,02 à 0,002 mm)	34,3	37,2	CaO éch. (‰)	1,14	0,55
Argile (inf. à 0,002 mm)	18,2	17,0	MgO éch. (‰)	0,09	0,06
Matière organique	5,8	2,5	Capacité tot. éch. (méq %)	16,8	9,8

Le dispositif expérimental comportait quatre blocs de sept traitements. La répartition sur les trois ans était étudiée à deux niveaux globaux de K<sub>2</sub>O sur 3 ans (K) et selon trois systèmes dénommés R1, R2, R3 soit 3/3 - 0 - 0 ; 2/3 - 0 - 1/3 ; 1/2 - 1/4 - 1/4.

Pour la première rotation, les doses K globales sur 3 ans ont été de 0, 180, 360 kg/ha K<sub>2</sub>O et pour les deux rotations suivantes, elles ont été portées à 0, 240, 480 kg/ha K<sub>2</sub>O, conformément au tableau 15.

Tableau 15 : Caractéristiques des 7 traitements de l'essai de Locmaria (kg/ha K<sub>2</sub>O)

Traitements		1966	67	68	1969	70	71	1972	73	74
N°	Dénomination	Bett. fourrag.	Blé	Orge	Pommes de terre	Blé	Orge	Choux	Blé	Orge
		1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974
1	K0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	K1 R1	180	0	0	240	0	0	240	0	0
3	K1 R2	120	0	60	160	0	80	160	0	80
4	K1 R3	90	45	45	120	60	60	120	60	60
5	K2 R1	360	0	0	480	0	0	480	0	0
6	K2 R2	240	0	120	320	0	160	320	0	160
7	K2 R3	180	90	90	240	120	120	240	120	120

## 2.2. LES RENDEMENTS OBSERVÉS

Comme pour Sancourt, les résultats techniques (rendements) sont résumés dans l'ordre des rotations et synthétisés par des indices calculés par rapport à l'indice 100 correspondant au témoin KO.

Le tableau 16 rapporte les rendements obtenus au cours des 9 années de l'essai pour les 7 traitements ainsi que l'effet K (K1 et K2) et l'effet R. Les rendements K1 et K2 ainsi calculés sont les moyennes des trois répartitions R1, R2, R3. Chaque année, ils intègrent donc les effets des doses moyennes K1 et K2 jusqu'alors appliquées.

### 2.2.1. RÉSULTATS DE LA PREMIÈRE ROTATION

◦ **En 1966, les betteraves fourragères**, variété Rod-Otofte, furent repiquées fin juin sur défriche de prairie. La fumure NP uniforme était N115 P168.

En cette première année d'expérimentation, l'interprétation se ramène à l'étude de 6 doses (inéquidistantes) d'engrais potassique (la dose K180 étant doublée).

La réponse a été excellente (K360—KO = + 14,0 t/ha racines (THS) soit + 40 %).

**Ni le rendement maximal, ni le profit maximal ne furent atteints avec la dose forte K360.**

Tableau 16 : Récapitulation des rendements des 9 années

	1966 Bett. fourr. t/ha	1967 Blé q/ha	1968 Orge q/ha	1969 Pommes de terre t/ha	1970 Blé q/ha	1971 Orge q/ha	1972 Choux fourr. t/ha	1973 Blé q/ha	1974 Orge q/ha
K0	34,9	41,2	29,6	18,6	25,9	23,5	44,4	18,6	20,6
K1 R1	44,0	45,4	34,3	40,6	40,4	43,7	56,6	42,6	34,1
K1 R2	42,5	43,7	33,7	38,0	40,6	47,6	56,1	39,8	36,8
K1 R3	41,7	43,7	33,1	37,7	43,0	45,2	49,1	41,9	35,9
K2 R1	48,9	46,0	33,9	39,6	38,1	48,3	48,3	41,5	42,0
K2 R2	45,7	45,9	33,6	41,5	42,4	48,3	56,3	44,5	39,4
K2 R3	44,0	45,9	33,2	39,2	43,2	48,5	55,4	44,1	39,9
ppds 0,05	4,8	3,9	3,2	4,1	4,7	5,1	8,3	3,4	4,8
ppds 0,01	6,6	5,4	4,3	5,6	6,4	7,0	—	4,7	6,6
CV %	8	6	6,4	7,6	8,1	7,9	10,7	5,9	9,1
K1	42,7	44,3	33,7	38,8	41,3	45,5	53,9	41,4	35,6
K2	46,2	45,9	33,6	40,1	41,2	48,4	53,3	43,4	40,4
ppds 0,05				2,4	2,7	2,9	4,8	2,0	2,8
R1	46,4	45,7	34,1	40,1	39,2	46,0	52,5	42,1	38,0
R2	44,2	44,8	33,6	39,7	41,5	48,0	56,2	42,2	38,1
R3	42,8	44,8	33,2	38,5	43,1	46,8	52,3	43,0	37,9
ppds 0,05				2,9	3,3	3,6	5,9	2,4	3,4

◦ **En 1967, sur blé**, variété Rex, semé début mars, la fumure NP uniforme était N60 P150. En cette deuxième année d'essai, l'interprétation se résume à :

— *L'effet résiduel* des cinq doses de K<sub>2</sub>O appliquées sur la plante sarclée précédente (en l'absence de fumure potassique annuelle), n<sup>os</sup> 1, 3, 2, 6, 5, soit respectivement 41,2 - 43,7 - 45,4\* - 45,9\* - 46,0\* q/ha et 75,50 - 75,68 - 76,00 - 76,00 - 77,50\* pour le poids spécifique. L'effet résiduel s'est donc surtout manifesté entre KO et K180.

— *L'effet annuel* de la fumure potassique appliquée sur blé (45 et 90 kg/ha K<sub>2</sub>O) dans le cas d'un apport de potasse sur plante sarclée (90 et 180 kg/ha K<sub>2</sub>O respectivement), n<sup>os</sup> 4, 7, soit respectivement 43,7 - 45,9 q/ha. L'accroissement de rendement dû à la fumure potassique annuelle est modeste dans le cas présent où les collets de betteraves ont été enfouis.

— *L'effet global* sur blé de l'intensification de la fumure potassique (3 doses) répartie sur deux ans, à raison de 2/3 sur plante sarclée et 1/3 sur blé, n<sup>os</sup> 1, 4, 7, soit respectivement 41,2 - 43,7 - 45,9\* q/ha. L'intensification de la fumure potassique se traduit par une augmen-

tation quasi linéaire des rendements (K270—KO = + 4,7 q/ha (S)).

**En conclusion, l'effet résiduel de la fumure potassique appliquée sur les betteraves précédentes fut considérable, même avec enfouissement des collets, aussi bien sur les rendements que sur la qualité du grain.**

**Cependant, les rendements ont plafonné vers 46 q/ha en raison, sans doute en partie, d'une nutrition azotée assez terne. Il en est résulté que l'effet de la fumure potassique annuelle fut nettement inférieur à l'effet résiduel.**

◦ **En 1968, sur orge** variété Rika, semée le 15 mars, la fumure uniforme NP était N67 P120.

Des rendements très moyens, de l'ordre de 34 q/ha ont été obtenus. Les six traitements à apports potassiques antérieurs se sont révélés équivalents. Seul le traitement KO sur toutes cultures s'est trouvé nettement démarqué.

En conclusion, au cours de la 1<sup>re</sup> rotation, les écarts ont été faibles entre les six traitements potassiques sur blé et orge et les seuls faits notables sur ces 3 ans ont

été :

- 1) la réponse à la potasse,
- 2) l'effet supérieur des blocages R1 sur betterave fourragère en début d'essai.

La réponse moyenne à la potasse sur cette période (tableau 17) est représentée par les indices 100 - 114,6 - 119,1 pour les doses globales sur 3 ans de K0, K180, K360.

Les fractionnements R1, R2, R3 sont représentés par les indices de rendements : 119,7 - 116,2 - 114,5. Le sol étant, en début d'essai, très éloigné de l'état d'entretien en ce qui concerne K<sub>2</sub>O, on s'explique facilement la supériorité au départ du blocage.

Tableau 17 : 1<sup>re</sup> rotation (indices rendements)

Traitements	1966	1967	1968	Moyenne 1 <sup>re</sup> rotation
K0	100,0	100,0	100,0	100,0
K1 R1	126,1	110,2	115,9	117,4
K1 R2	121,8	106,1	113,8	113,9
K1 R3	119,5	106,1	111,8	112,5
K2 R1	140,1	111,6	114,5	122,1
K2 R2	130,9	111,4	113,5	118,6
K2 R3	126,1	111,4	112,2	116,6

## 2.2.2. RÉSULTATS DE LA DEUXIÈME ROTATION

◦ En 1969, les pommes de terre, variété Ker Pondy, avaient été précédées d'un ray-grass - trèfle en culture dérobée, enfoui avant pomme de terre et qui reçut N30 P50. L'apport sur pomme de terre fut de N65 P50.

Le témoin K0 fut très significativement inférieur aux six autres traitements, mais ceux-ci ne différaient pas entre eux. La comparaison K2 R3/K1 R1 ne fait pas apparaître d'effet des antécédents K1, K2, en présence de K240.

◦ En 1970, le blé, variété Cappelle, avait reçu N90 P100.

Il apparaît assez nettement que les deux traitements ayant reçu de la potasse sur blé (K1 R3 et K2 R3) viennent en tête.

Le blocage de la potasse en totalité en tête de rotation s'est révélé inférieur sur blé à l'application de K60 ou K120 sur cette culture.

◦ En 1971, l'orge, variété Mamie, semée le 24 mars, avait reçu N90 P120.

Le témoin absolu (K0) fut très inférieur aux six autres traitements factoriels, qui ne différaient pas significativement.

Il faut cependant constater que, si la répartition semble indifférente au niveau K2 (K480 sur 3 ans), il n'en fut pas de même au niveau K1 (K240 sur 3 ans) où le blocage R1 se révèle sensiblement inférieur.

Donc, en 1971 sur orge, comme en 1970 sur blé, le blocage s'est également révélé inférieur au niveau K240 sur la rotation. Le rendement maximal calculé par la fonction de production, a d'ailleurs correspondu à K120 et le profit maximal à K117 effectivement appliqués sur l'orge.

En conclusion, au cours de la 2<sup>e</sup> rotation, les rendements K0 sans potasse se sont dégradés et par suite, la réponse à la potasse, exprimée par rapport à K0 s'est beaucoup accrue (tableau 18).

Tableau 18 : 1<sup>re</sup> rotation (indices rendements)

Traitements	1969	1970	1971	Moyenne 2 <sup>e</sup> rotation
K0	100,0	100,0	100,0	100,0
K1 R1	218,3	156,0	185,9	186,7
K1 R2	204,3	156,7	202,6	187,9
K1 R3	202,7	166,0	192,3	187,0
K2 R1	212,9	147,1	205,5	188,5
K2 R2	223,1	163,7	205,5	197,4
K2 R3	210,7	166,8	206,4	194,6

La réponse moyenne sur cette période est représentée par les indices : 100 - 187,2 - 193,5, pour les doses globales sur 3 ans de K0, K240, K480.

Le blocage en tête de rotation s'est révélé supérieur sur pomme de terre à la dose K1 et plutôt inférieur sur céréales, de telle sorte que les fractionnements R1, R2, R3 sont représentés par les indices : 187,6 - 192,6 - 190,8.

## 2.2.3. RÉSULTATS DE LA TROISIÈME ROTATION

◦ En 1972, la culture de choux fourragers a remplacé des betteraves fourragères jugées trop hétérogènes. La fumure NP uniforme fut N180 P180. La seule conclusion nette fut l'infériorité de l'ordre de 10 t/ha du témoin permanent sans potasse.

◦ En 1973, le blé, variété Champlain, reçut une fumure NP de N105 P95.

L'effet K (dose globale appliquée) a été positif et significatif (+2,0 q/ha), mais la conclusion la plus nette fut encore l'infériorité très hautement significative, de l'ordre de 24 q/ha du témoin permanent, sans potasse.

L'effet K rotation fut également positif et hautement significatif sur la production de paille (+4,4 q/ha) ainsi que sur le poids de mille grains (+1,91 g/1000 grains). En conclusion, bien que les rendements aient été limités à 45 q/hectare, des différences ont cependant été obtenues en faveur de la dose supérieure de potasse sur la rotation. Le témoin K0 est entré dans un état de grave déficience potassique.

◦ En 1974, l'orge, variété Julia, semée le 22 mars, avait reçu N60 P90.

L'effet K (dose globale sur la rotation) fut encore positif et hautement significatif (+4,8 q/ha) et le témoin K0 fut hautement significativement inférieur aux six autres traitements.

**Le blocage en tête de rotation de la dose faible K240 (3 ans) fut particulièrement néfaste.**

En conclusion, au cours de la 3<sup>e</sup> rotation, l'effet potasse fut encore très élevé, car les rendements K0 ont continué leur décroissance. Aux variations saisonnières et culturales près, le rendement moyen sur blé + orge a

fortement diminué de la 1<sup>re</sup> à la 3<sup>e</sup> rotation (35,4 - 24,7 - 19,6 q/ha respectivement).

**La réponse moyenne sur cette période est représentée par les indices : 100 - 172,3 - 183,2 pour les doses globales sur 3 ans de K0, K240, K480.**

Les fractionnements R1, R2, R3 sont représentés par les indices de rendements : 176,3 - 179,4 - 177,6.

Les conclusions relatives au facteur R ne peuvent intervenir que sur les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> rotations. Il apparaît qu'au niveau K240, le blocage n'a pas été inférieur en raison de l'influence des résultats sur la tête de rotation.

Au niveau K480, le blocage est nettement moins bon.

Les systèmes non bloqués (R2 et R3) ont procuré en moyenne un indice de rendement de 196,0 contre 188,5 avec R1 en 2<sup>e</sup> rotation et un indice de 185,5 contre 178,6 avec R1 en 3<sup>e</sup> rotation. Le blocage en tête de rotation a donc en moyenne, au niveau K2, présenté un rendement de 4 % inférieur à ceux des traitements à répartition.

**En conclusion, les meilleurs résultats ont été obtenus avec la dose supérieure K2. Le supplément de rendement K2 - K1 a représenté successivement 4,5 % - 6,3 % et 10,9 % du rendement K0 de la 1<sup>re</sup> à la 3<sup>e</sup> rotation.**

Au niveau K2, à partir de la 2<sup>e</sup> rotation, les meilleurs résultats ont été obtenus lorsque la dose n'était pas bloquée en tête de rotation mais répartie.

Tableau 19 : 3<sup>e</sup> rotation (indices rendements)

Traitements	1972	1973	1974	Moyenne 3 <sup>e</sup> rotation
K0	100,0	100,0	100,0	100,0
K1 R1	127,5	229,0	165,5	174,0
K1 R2	126,3	214,0	178,6	173,0
K1 R3	110,6	225,2	174,2	170,0
K2 R1	108,8	223,1	203,9	178,6
K2 R2	126,8	239,2	191,3	185,8
K2 R3	124,8	237,1	193,7	185,2

## 2.3. EFFETS DES TRAITEMENTS SUR LA NUTRITION POTASSIQUE DES CULTURES

Chaque année, sauf en 1972 sur choux fourragers, l'essai a été suivi par des diagnostics en cours de végétation ou par des analyses de plantes à la récolte (pailles, grains, racines, tubercules). Le blé et l'orge ont été suivis par diagnostic foliaire portant sur l'ensemble des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> feuilles à la floraison, la pomme de terre par diagnostic pétiolaire. Comme pour l'essai de Sancourt, on ne rapportera que ce qui concerne le potassium.

Tableau 20 : Teneurs en K des cultures de la première rotation

	1966 Betteraves fourragères							1967	1968
	K % matière sèche			K <sub>2</sub> O absorbée en kg/ha			Bilan kg K <sub>2</sub> O	K % matière sèche (diagnostic foliaire)	Orge
	Racines	Collets	Plante entière	Racines	Collets	Plante entière			
K0	0,73	1,41	0,99	51	63	114	- 51	1,54	1,46
K1 R1	1,00	2,45	1,48	88	108	196	+ 92	2,33	1,89
K1 R2	0,96	1,90	1,28	83	86	169	+ 37	2,30	2,31
K1 R3	1,01	2,00	1,35	85	89	174	+ 5	2,61	2,45
K2 R1	1,39	3,24	1,94	132	132	264	+ 228	3,11	2,45
K2 R2	1,16	2,31	1,55	103	103	206	+ 137	2,40	2,72
K2 R3	1,00	2,45	1,48	88	108	196	+ 92	2,93	2,54

◦ En 1966, sur betteraves fourragères (première année), l'essai se ramenait à l'étude de 6 doses de K<sub>2</sub>O sur cette culture. Le traitement K0 présentait des teneurs nettement faibles. A l'opposé, l'enrichissement de la plante en K, tant des racines que des collets, était surtout net pour K2 R1 (K360). Compte tenu du fait que seules les racines avaient été exportées, les sept traitements présentaient donc des bilans différenciés (7<sup>e</sup> colonne du tableau 20) allant de -51 kg K<sub>2</sub>O en K0 à +228 kg K<sub>2</sub>O en K2 R1. Seuls les traitements K2 R1 et K2 R2 s'étaient situés en bilans nettement positifs.

◦ En 1967, sur blé, le témoin K0 a présenté une alimentation potassique faible, mais la nutrition des K1 et K2

pouvait être considérée comme très satisfaisante, en notant des teneurs un peu plus élevées pour K2 R1 et K2 R3 (qui sont à ce moment là les traitements ayant reçu le plus de potasse).

◦ En 1968, sur orge, l'effet de la fumure potassique résiduelle, en l'absence d'apports potassiques sur orge (1, 2, 5) est très accusé (teneurs respectives de 1,46 - 1,89 - 2,45 %). Au sein d'une même dose K1 ou K2, l'apport de potasse sur orge a conféré de plus hauts niveaux potassiques (1,89 à 2,38 % K en K1 et 2,45 à 2,63 % K en K2).

Le tableau 21 rapporte les principaux résultats de 1969 à 1974.

Tableau 21 : Teneurs en K des cultures des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> rotations

	1969 Pommes de terre			1970	1971	1973	1974
				Blé	Orge	Blé	Orge
	K % mat. sèche Pétioles	Tubercules	K <sub>2</sub> O kg/ha Tubercules	K % matière sèche (diagnostic foliaire)			
K0	2,42	1,22	61	0,80	1,33	0,45	0,36
K1 R1	5,40	1,45	187	1,46	1,21	1,42	1,13
K1 R2	4,90	1,41	169	1,26	1,58	1,42	1,90
K1 R3	4,04	1,19	141	1,61	1,69	1,84	1,96
K2 R1	8,44	1,79	211	2,47	1,86	2,95	2,18
K2 R2	7,86	1,56	190	2,20	2,31	2,90	3,07
K2 R3	7,20	1,52	184	2,49	2,51	2,80	2,78

◦ **En 1969, sur pomme de terre**, la malnutrition potassique en K0 est très grave. On remarque également qu'au sein d'un même traitement K, la teneur en K des pétioles diminue de R1 à R3, avec la dose de potasse apportée sur pomme de terre.

Seul le traitement K2 R1 présente une teneur en K des tubercules moyenne. Les résultats relatifs aux exportations de K<sub>2</sub>O montrent que les traitements K0 et K1 présentent des bilans négatifs, alors que les bilans K<sub>2</sub>O sont excédentaires en K2, particulièrement en K2 R1 (+ 269 kg K<sub>2</sub>O) et K2 R2 (+ 130 kg K<sub>2</sub>O). Il apparaît de suite que sur l'ensemble de la rotation 1969 - 1971 le bilan potassique devait être assez déficitaire avec K1 (240 kg/ha K<sub>2</sub>O en 3 ans), d'où le handicap de K1 R1 et K1 R2, sur blé ne recevant pas de potasse en 1970.

◦ **En 1970, sur blé**, effectivement la déficience potassique s'est beaucoup accélérée en K0 et l'alimentation potassique était très déficiente en K1 R1 et K1 R2, médiocre en K1 R3. Au niveau K2, elle était très correcte pour les trois répartitions (l'infériorité constatée au

tableau 16, de K2 R1 ne put pas être expliquée par un déséquilibre nutritionnel quelconque).

◦ **En 1971, sur orge**, la malnutrition des K0 et K1 s'est reproduite et particulièrement en K1 R1. Le blocage en tête de rotation conduit régulièrement à une plus faible nutrition potassique de l'orge, qui explique l'infériorité de K1 R1. Au niveau K2, cela a également joué.

**Les diagnostics foliaires de 1973 et 1974** confirment tout à fait ces résultats : aggravation de la carence en K0, aggravation en K1 R1 du blé à l'orge, amélioration en K1 R2 du blé à l'orge, maintien d'une nutrition moyenne en K1 R3 du blé et de l'orge.

**En conclusion, les contrôles nutritionnels semblent rendre compte des effets des traitements KR d'une manière encore plus nette que les rendements eux-mêmes, constatation logique puisque l'alimentation potassique est plus directement soumise à ces traitements KR que le rendement lui-même.**

*Champ d'essai de Locmaria.*

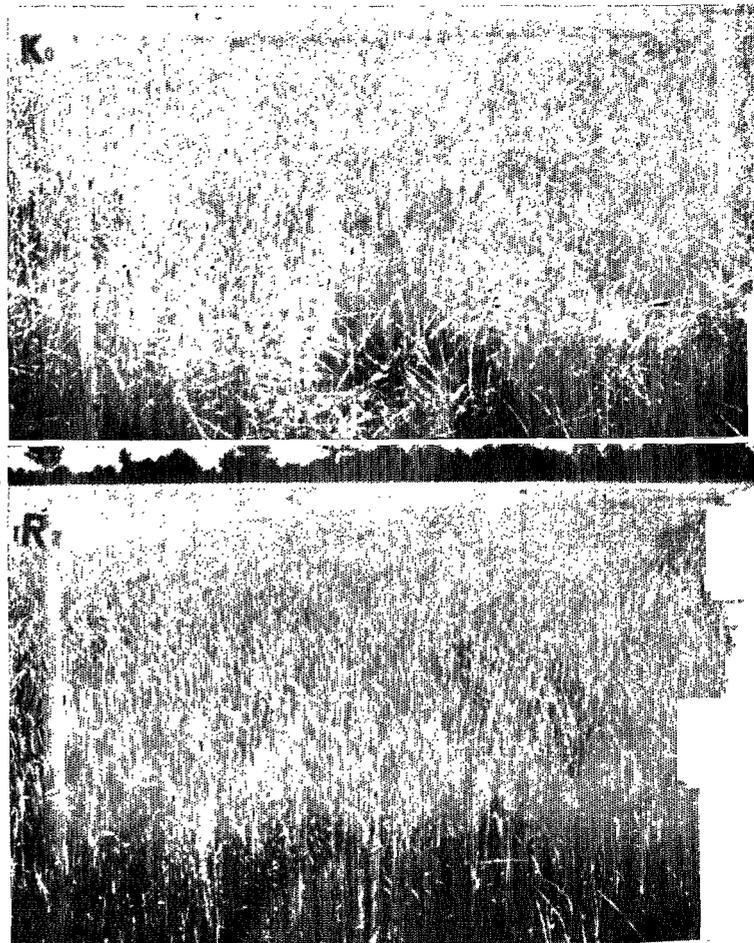
*Essai sur orge en 1971.*

*Photo 1 : traitement K0, orge versée et rendement très bas (23,5 q/ha).*

*Photo 2 : traitement K1 R1, toute la potasse a été apportée sur pomme de terre en 1969, d'où nutrition potassique insuffisante de l'orge et rendement de 43,7 q/ha.*

*Photo 3 : traitement K1 R2.*

*Cette orge a reçu 80 kg/ha de K<sub>2</sub>O (la pomme de terre 2 ans avant en avait reçu 160) : bonne nutrition potassique et rendement de 47,6 q/ha.*



2

1

3



## 2.4. ÉVOLUTION DE LA TENEUR EN K<sub>2</sub>O DU SOL

L'essai a été contrôlé par analyses chimiques parcelaires à la fin des 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> rotations (effectuées par un laboratoire différent de celui de l'origine de l'essai).

En fin de deuxième rotation (26 octobre 1971), l'effet de la dose K sur la rotation était très net avec des teneurs respectives de 0,045 - 0,069 - 0,101 ‰ K<sub>2</sub>O échangeable. Il y avait un net appauvrissement en K<sub>0</sub>, équilibre en K<sub>1</sub> (420 kg K<sub>2</sub>O en 6 ans) et très léger enrichissement en K<sub>2</sub> (840 kg K<sub>2</sub>O en 6 ans).

L'effet de la répartition R se traduisait par les teneurs suivantes : 0,072 - 0,092 - 0,090 ‰ K<sub>2</sub>O échangeable. Les teneurs avec R<sub>1</sub> (blocage sur la plante sarclée) étaient donc inférieures à celles obtenues avec R<sub>2</sub> ou R<sub>3</sub>.

Les mêmes déterminations ont été effectuées en fin d'essai (prélèvements du 5 août 1974) - (tableau 22).

Tableau 22 : K<sub>2</sub>O échangeable ‰ en fin d'essai

Sol	R1	R2	R3	Effet K	Sous-sol	R1	R2	R3	Effet K
K1	0,042	0,043	0,048	0,045	K1	0,025	0,020	0,023	0,023
K2	0,092	0,110	0,100	0,100***	K2	0,043	0,045	0,048	0,045**
Effet R	0,067	0,076	0,074	Témoin K <sub>0</sub> 0,025	Effet R	0,034	0,033	0,035	Témoin K <sub>0</sub> 0,020
CV = 37,1 %	Effet K	Effet R	7 traite- ments		CV = 32,3 %	Effet K	Effet R	7 traite- ments	
ppds 0,05	0,021	0,026	0,036		ppds 0,05	0,009	0,011	0,015	
ppds 0,01	0,029	—	0,050		ppds 0,01	0,012	—	0,021	

Les tendances enregistrées en fin de deuxième rotation se sont confirmées. L'appauvrissement en K<sub>0</sub> s'est aggravé considérablement ; il semble y avoir même un certain appauvrissement en K<sub>1</sub> tandis que le léger enrichissement en K<sub>2</sub> s'est maintenu. Au niveau K<sub>2</sub>, la supériorité des traitements K<sub>2</sub> R<sub>2</sub> et K<sub>2</sub> R<sub>3</sub> vis-à-vis de l'enrichissement du sol en potassium est confirmée.

Bien que les sous-sols des sept traitements soient tous très pauvres, il apparaît tout de même une moindre pauvreté significative en K<sub>2</sub>, qui peut traduire une migration en profondeur et aussi des teneurs très légèrement moins basses avec les apports R<sub>3</sub> répartis sur les trois ans.

**En conclusion, sur la moyenne des 9 ans, l'effet potasse sur les rendements se résume par les indices : 100 - 158,0 - 165,6 pour les trois niveaux K<sub>0</sub>, K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> qui ont correspondu en moyenne annuelle à K<sub>0</sub>, K<sub>73</sub>, K<sub>146</sub>. La dose la plus forte était donc à préconiser dans de telles conditions de sol pour obtenir les meilleurs résultats et améliorer éventuellement la fertilité potassique.**

**Enfin et surtout, cette même dose supérieure voyait son efficacité diminuée en cas de blocage en tête de rotation sur la plante sarclée.**

# 3. ESSAI de SAINT JEAN sur MOIVRE (Marne)

## 3.1. CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI

Les principales caractéristiques de sol figurent au tableau 23. Le sol est typique de la Champagne crayeuse avec un fort pourcentage d'éléments grossiers (73,8 % de terre fine pour le sol et 57,4 % seulement en sous-sol) et 75 à 80 % de calcaire. Il est assez bien pourvu en matière organique, très moyennement pourvu en acide phosphorique et en potasse (les sous-sols étant très pauvres).

Tableau 23 : Caractéristiques de sol de l'essai de Saint Jean sur Moivre en début d'essai

Analyse physique (% de terre fine)	Sol 0-20	Sous-sol 20-35	Analyse chimique	Sol 0-20	Sous-sol 20-35
Sable grossier (2 à 0,2 mm)	14,6	20,4	pH	8,3	8,4
Sable fin (0,2 à 0,05 mm)	9,1	9,8	N total (‰)	1,79	0,83
Limons grossiers (0,05 à 0,02 mm)	14,2	11,4	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ass. J.H. (‰)	0,18	0,06
Limon fins (0,02 à 0,002 mm)	33,5	32,2	K <sub>2</sub> O éch. (‰)	0,15	0,07
Argile (inf. à 0,002 mm)	25,0	24,5	CaO échangeable (‰)	11,20	11,00
Calcaire (%)	76,0	85,0	MgO échangeable (‰)	0,11	0,10
Matière organique	3,6	1,7	Capacité tot. d'éch. (méq. %)	14,8	10,0

Le dispositif expérimental est identique à celui de Locmaria : (2 doses K rotation × 3 répartitions + un témoin K0) × 4 blocs = 28 parcelles.

L'essai a débuté en 1968 et est toujours poursuivi en liaison avec la Chambre d'Agriculture. Si la conception des traitements RK a été fixe au cours de l'expérimentation,

les rotations ont par contre été modifiées, ce qui a certainement altéré la conception d'ensemble et les conclusions à tirer.

Le tableau 24 rapporte la réalité des traitements de 1968 à 1979 (kg/ha K<sub>2</sub>O).

Tableau 24 : Caractéristiques des 7 traitements potassiques de l'essai de Saint Jean sur Moivre

Traitements N°	1968 Bett.	1969 Blé	1970 Luzerne	1971 Blé	1972 Blé	1973 Blé	1974 Orge	1975 Avoine	1976 Bett.	1977 Blé	1978 Bett.	1979 Blé
2 K1 R1	300	0	200	200	200	0	0	60	200	0	200	0
3 K1 R2	180	120	150	150	150	90	60	60	150	50	150	50
4 K1 R3	150	150	120	120	120	120	120	60	100	100	100	100
5 K2 R1	400	0	266	266	266	0	0	120	400	0	400	0
6 K2 R2	240	160	200	200	200	120	80	120	300	100	300	100
7 K2 R3	200	200	160	160	160	160	160	120	200	200	200	200

Pour la première rotation (betterave, blé), les doses étudiées ont été de K300 et K400 et les répartitions de 3/3+0, 3/5+2/5, 1/2+1/2.

Pour la deuxième rotation (3 ans de luzerne, blé, orge), le système a été altéré avec néanmoins blocage sur la luzerne en R1, répartition annuelle égale en R3 et

système mixte en R2.

L'année 1975 est une année intermédiaire où l'on s'est borné à respecter K0, K1, K2 sur avoine.

A partir de 1976, l'essai est reparti sur la rotation bisannuelle (betterave, blé) et les répartitions 3/3+0, 3/4+1/4, et 1/2+1/2.

## 3.2. LES RENDEMENTS OBSERVÉS

Comme pour les deux essais précédents, les rendements sont résumés dans l'ordre des rotations. Le tableau 25 rapporte les rendements obtenus de 1968 à 1979 pour les sept traitements ainsi que l'effet R (répartition de la dose globale).

### 3.2.1. RÉSULTATS DE LA PREMIÈRE ROTATION

En 1968, première année de l'essai, celui-ci se ramène à un essai de 7 doses de K<sub>2</sub>O. Les betteraves, variété Cérés n° 2, reçurent une fumure NP uniforme de N180 P200. L'effet potasse a atteint +8,9 t/ha en K400 (K2 R1).

Tableau 25 : Récapitulation des rendements de 1968 à 1979

N°	Traitements	1968	1969	1970	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979
		Bett. t/ha	Blé q/ha	71-72 Luzerne (moy. 3 ans) t/ha	Blé q/ha	Orge q/ha	Avoine q/ha	Bett. t/ha	Blé q/ha	Bett. t/ha	Blé q/ha
1	K0	39,7	43,9	6,58	43,3	48,8	26,5	14,5	51,2	35,3	57,4
2	K1 R1	44,9*	43,1	7,86**	44,0	51,1	29,6**	33,0**	49,2	54,4**	58,6
3	K1 R2	49,0*	44,5	7,94**	45,4	51,0	30,1**	33,3**	49,4	54,7**	58,6
4	K1 R3	44,9	45,4	7,79**	46,2*	51,9*	29,5*	32,7**	49,5	54,6**	58,9
5	K2 R1	48,6*	44,6	8,02**	43,5	50,6	29,8**	40,6**	48,7	57,6**	56,1
6	K2 R2	48,1*	45,1	8,08**	45,5*	49,8	31,3**	46,0**	49,7	59,1**	57,6
7	K2 R3	44,4	44,0	8,03**	44,6	51,0	30,2**	39,9**	49,4	58,1**	57,7
	R1	46,7	43,8	7,92	43,7	50,8	29,7	36,8	48,9	56,1	57,3
	R2	48,5	44,8	8,01	45,5*	50,4	30,7	39,7	49,5	56,9	58,1
	R3	44,7	44,7	7,91	45,4*	51,5	29,9	36,3	49,4	56,4	58,2

Le rendement maximal théorique, calculé par la fonction de production, aurait été de 47,7 t/ha racines avec K353 et de 7,28 t/ha sucre théorique avec K395.

En 1969, le blé, variété Champlain, reçut une fumure

NP de N120 P100. Les rendements furent très moyens et très groupés, ne permettant pas de tirer de conclusion dans les comparaisons R (légère tendance à infériorité du blocage R1).

### 3.2.2. RÉSULTATS DE LA DEUXIÈME ROTATION (1970 à 1974)

◦ **Les résultats sur la luzerne** (variété Émeraude, semée le 21 mars 1970) sont ramenés aux moyennes sur trois ans (tableau 25). L'essai ayant consisté en apports annuels de K<sub>2</sub>O (tableau 24) ne permet pas l'étude de l'effet répartition. Il se limite en fait à constater que l'effet K a été positif et hautement significatif par rapport à K0 et que l'effet antécédent potassique (K1 ou K2) a été du même ordre de grandeur que l'effet de la dose K<sub>2</sub>O sur luzerne.

◦ **En 1973, le blé**, variété Hardi, reçut une fumure NP de N120 P90. Les rendements ont été faibles. Le témoin K0 a présenté un rendement à peu près significativement inférieur à ceux des meilleurs traitements ayant comporté des apports K<sub>2</sub>O sur blé. L'effet du mode de répartition fut en effet significatif (blocage R1 inférieur

à R2 et R3).

◦ **En 1974, l'escourgeon**, variété Monlon, reçut une fumure NP de N90 P90. Les rendements ont été très moyens. Le témoin K0 a présenté un rendement inférieur à ceux des six autres traitements. L'effet du mode de répartition a été très faible et sans signification. Il était cependant en faveur du système R3 (apports annuels réguliers). Le meilleur traitement sur céréales, au cours de la deuxième rotation, fut K600 réparti régulièrement à raison de K120/ha/an. Il a procuré un supplément de rendement de 2,9 q/ha sur blé et 3,1 q/ha sur escourgeon.

◦ **En 1975, année intermédiaire**, les rendements furent faibles. Le témoin K0 a présenté un rendement inférieur à ceux des six traitements RK.

### 3.2.3. RÉSULTATS DES TROISIÈME ET QUATRIÈME ROTATIONS

◦ **En 1976, les betteraves**, variété Cérés, reçurent N150 P130. L'essai fut très affecté par la très grave sécheresse de l'année. Le témoin K0 a présenté un rendement très faible, très significativement inférieur. L'effet de l'antécédent K1 ou K2 (comparaison entre K1 R1 et K2 R3 qui apportent la même dose K<sub>2</sub>O sur betterave) est très accusé (+6,9 t/ha racines à 16 % de richesse en sucre). Par contre, l'effet de la potasse appliquée sur betterave au sein de K1 (K100 à K200) ou de K2 (K200 à K400) n'est pas net.

◦ **En 1977, le blé**, variété Wattines, reçut une fumure N150 P90. Les rendements furent très moyens et les effets des traitements, sans aucune signification (le témoin K0 lui-même ne s'étant pas démarqué). Cepen-

dant, les combinaisons R1, ne comportant pas de potasse sur blé, furent légèrement inférieures aux combinaisons R2 et R3 comportant des apports potassiques.

◦ **En 1978, les betteraves**, variété Cérés, reçurent N180 P150. L'effet potasse fut considérable de K0 à K1 (+19,3 t/ha de racines à 16 % de richesse) et encore net de K1 à K2 (+3,6 t/ha). Là encore, l'effet de la potasse appliquée sur betterave, au sein de K1 ou de K2, est très minime.

◦ **En 1979, le blé**, variété Talent, reçut une fumure N140 P125. Les rendements ont été corrects mais groupés et les faibles écarts sans signification. Au niveau K2, le blocage R1 semble avoir été un peu inférieur.

### 3.2.4. RÉSULTATS SUR L'ENSEMBLE DE LA PÉRIODE (1968 à 1979)

Après 12 ans d'essai, en fin d'une rotation, l'essai peut être interprété valablement, les doses K1 et K2 ayant été totalement appliquées, soit 0, 1360, 2120 kg K<sub>2</sub>O/ha sur 12 ans, correspondant à 0, 113, 177 kg K<sub>2</sub>O/ha/an. Le tableau 26 synthétise les résultats par culture et sous forme d'indice (l'indice 100 correspondant à K0).

Tableau 26 : Effets des traitements K et R par culture sur 12 ans

	3 betteraves à sucre		3 luzernes		4 blés		2 (orge + avoine)		Indices moyens pondérés sur 12 ans
	t/ha	%	t/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	
K0	29,8	100,0	6,58	100,0	48,9	100,0	37,7	100,0	100,0
K1 R1	44,1	148,0	7,86	119,4	48,7	99,6	40,3	106,9	117,8
K1 R2	45,7	153,3	7,94	120,7	49,5	101,2	40,5	107,4	120,1
K1 R3	44,1	148,0	7,79	118,4	50,0	102,2	40,7	107,9	118,6
K2 R1	48,9	164,1	8,02	121,9	48,2	98,6	40,2	106,6	122,1
K2 R2	51,1	171,5	8,08	122,8	49,5	101,2	40,5	107,4	125,2
K2 R3	47,5	159,4	8,03	122,0	49,2	100,6	40,6	107,6	121,8
K1	44,6	149,7	7,86	119,4	49,4	101,0	40,5	107,4	118,8
K2	49,2	165,1	8,04	122,2	49,0	100,2	40,4	107,2	123,1
R1	46,5	156,0	7,92	120,4	48,5	99,2	40,2	106,6	119,9
R2	48,4	162,4	8,01	121,7	49,5	101,2	40,5	107,4	122,6
R3	45,8	153,7	7,91	120,2	49,6	101,4	40,7	107,9	120,2

L'effet potasse global de la rotation (K0, K1, K2) est très positif sur betterave sucrière et encore net de K1 à K2 (+ 4,6 t/ha). Il est également marqué sur luzerne de K0 à K1 (+ 1,28 t/ha), mais faible de K1 à K2. Il est très faible sur blé et plus net sur les deux autres céréales (+ 2,8 q/ha). L'effet moyen sur 12 ans ressort à + 18,8 % en K1 (K113) et + 23,1 % en K2 (K177).

L'effet répartition de la fumure potassique est sur l'ensemble très minime avec une supériorité très légère de la répartition R2, tant au niveau K1 qu'au niveau K2.

## CONCLUSION GÉNÉRALE

### 1. EFFET MOYEN DU MODE DE RÉPARTITION DE LA FUMURE POTASSIQUE SUR LA ROTATION

Le tableau 27 donne une image globale des résultats des trois essais considérés, en termes d'indices et pour deux des trois répartitions étudiées : R1 (blocage en tête de rotation sur plante sarclée), R2 ou R3 (répartition la plus poussée sur la rotation, soit 1/3 - 1/3 - 1/3 à Sancourt (R2), 1/2 - 1/4 - 1/4 à Locmaria (R3) et 1/2 - 1/2 à Saint Jean sur Moivre (R3)).

Tableau 27 : Synthèse des effets K (dose K<sub>2</sub>O rotation) et R (mode de répartition)

Sancourt 1964 à 1975		Locmaria 1969 à 1974		Saint Jean sur Moivre 1968 à 1979	
K0	100,0	K0	100,0	K0	100,0
K1 R1	109,2	K1 R1	180,3	K1 R1	117,8
K1 R2	110,4	K1 R3	178,5	K1 R3	118,6
K2 R1	115,4	K2 R1	183,5	K2 R1	122,1
K2 R2	115,7	K2 R3	189,9	K2 R3	121,8
K1	109,8	K1	179,4	K1	118,2
K2	115,5	K2	186,7	K2	122,0
R1	112,3	R1	181,9	R1	119,9
R2	113,2	R3	184,2	R3	120,2

Il apparaît de suite que dans les trois cas l'effet dose (de K1 à K2) a été dominant par rapport à l'effet répartition (de R1 à R2). En pourcentage des valeurs témoins K0, les effets de K1 à K2 ont été respectivement de : +5,7 %, +7,3 % et +3,8 %.

On pouvait d'ailleurs s'attendre à cet effet dose puisque les sols de ces trois essais se trouvaient très éloignés du niveau de l'entretien en potassium, tel que défini en introduction. En effet, les teneurs en  $K_2O$  échangeable étaient respectivement de 0,12 - 0,07 et 0,15 ‰ pour des capacités d'échange (CEC) de 12,6 - 16,8 et 14,8 méq %, auxquelles correspondaient

ainsi des taux de saturation en K respectifs de 2,1 - 0,9 et 2,2 %. La très forte réponse notée à Locmaria correspondait à un sol particulièrement pauvre en K.

Les effets moyens de la répartition de R1 à R2 (ou R3) ont été respectivement de : 0,9 % - +2,3 % et +0,3 % (par rapport aux K0).

**Une première conclusion tirée de ces essais est donc que l'effet dose de la rotation est beaucoup plus important que l'effet du mode de répartition. Celui-ci est assez régulièrement, très légèrement en faveur de la répartition la plus poussée.**

## 2. INTERACTION ENTRE LA DOSE $K_2O$ DE LA ROTATION ET SON MODE DE RÉPARTITION

La seconde question que l'on peut se poser, c'est de considérer l'interaction  $R \times K$  ou en d'autres termes : l'effet du mode de répartition de la fumure potassique dépend-il de la dose globale de la rotation ?

Il est certain que dans les cas extrêmes, l'effet R dépend de la dose K :

- 1) en cas d'apport d'une dose trop faible sur la rotation, il serait très probablement préférable de la bloquer sur la plante sarclée et
- 2) en cas d'apport d'une dose très élevée, il serait certainement judicieux de la fractionner.

Mais, les doses K1 et K2 ici étudiées se situaient à des niveaux plus normaux qui, ramenés à des doses annuelles égales étaient de 73 et 146 kg  $K_2O/ha/an$  à Sancourt (sur 15 ans) et à Locmaria (sur 9 ans) et de 113 et 177 kg  $K_2O/ha/an$  à Saint Jean sur Moivre (sur 12 ans). Dans ces conditions (tableau 27), l'interaction a été très faible à Sancourt (effet R2 légèrement plus net au niveau K1) et plus nette à Locmaria (effet R3 légèrement négatif au niveau K1 et nettement positif au niveau K2).

Il est donc difficile d'indiquer une règle générale, mais on peut dégager certains principes en fonction de ce qui a été constaté tant à Locmaria qu'à Sancourt.

Dans le cadre d'une rotation plante sarclée, blé, orge, le meilleur mode de répartition R est celui qui réalise la nutrition K optimale de chaque culture et donne les meilleurs résultats.

Si le niveau K adopté pour la rotation est faible, le blocage R1 sur la plante sarclée avantage nettement celle-ci et pénalise les céréales suivantes : en effet, cette dose K bloquée peut être valable pour la plante sarclée, mais les céréales ne trouveront ni reliquat de  $K_2O$  de la culture précédente, ni  $K_2O$  de l'engrais récent. Les deux effets contraires pourront se compen-

ser de telle sorte que les divers modes d'apports se révéleront équivalents.

Si le niveau K adopté pour la rotation est très correct, le mode de répartition R2 (tel que 1/2 - 1/4 - 1/4 ou même 1/3 - 1/3 - 1/3) pourra apporter une dose de  $K_2O$  valable pour la plante sarclée qui ne sera pas pénalisée, et a fortiori pour les céréales suivantes. A l'inverse, le blocage R1 d'une telle dose pourra ne pas favoriser la plante sarclée, alors que les céréales suivantes ne recevront pas de potasse pourront voir leurs rendements diminués par rapport à R2. Dans ce cas, le blocage se révélera inférieur à la répartition.

Les essais de Sancourt et de Locmaria ont comporté de telles situations. Le blocage s'y est révélé à diverses reprises, inférieur sur céréales ; celles-ci profitent donc d'un apport très récent d'engrais potassique. A Locmaria, par exemple, au niveau K1, le blocage R1 a plutôt favorisé la plante sarclée et défavorisé une ou les deux céréales. Au niveau K2, le blé recevant de la potasse a été assez supérieur (tableau 16, 1970 et 1973).

Si l'on introduit les calculs économiques, l'effet sur la plante sarclée telle que la betterave sucrière, accentue l'importance de celle-ci dans la rotation et milite en faveur d'un mode de répartition ne pénalisant pas cette culture. Mais comme il a été dit à propos de Sancourt, la perspective de hauts rendements céréaliers milite en faveur d'apports non bloqués.

Les fonctions de production K0, K1, K2 calculées pour Sancourt, soit dans le système bloqué R1, soit dans le système réparti R2, auraient conduit à des résultats légèrement meilleurs sur betterave sucrière et sur blé pour les fonctions R2.

**On peut donc conclure en ce qui concerne les rendements, que le mode de répartition de la fumure potassique sur les cultures de la rotation a une faible incidence, à condition :**

- 1) que la dose appliquée sur la plante sarclée, tête de rotation, soit assez copieuse dans le cas d'apport bloqué sur cette culture afin que les céréales profitent de reliquats potassiques,
- 2) que la dose appliquée sur la plante sarclée ne pénalise pas celle-ci dans le cas d'apports annuels répartis sur les cultures.

D'autre part, on peut estimer que l'incidence du mode de répartition sera encore atténuée s'il s'agit de sols réellement à l'entretien ou en tout cas assez bien pourvus en potassium.

### 3. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À LA NUTRITION POTASSIQUE DES PLANTES

Les contrôles de nutrition des plantes effectués sur les essais ont montré que les effets des traitements répartition R étaient plus importants sur l'alimentation potassique des plantes que sur les rendements. Cela prouve en particulier qu'il n'est assez souvent pas indifférent qu'une culture reçoive ou non du potassium, ce qui milite peut-être en faveur de la théorie du rôle spécifique de K de l'engrais très récemment appliqué par rapport à K du sol.

Le blocage R1 se traduit le plus souvent par une absorption de potassium supérieure de la plante sarclée,

ce qui peut être favorable au niveau K1 et par une plus faible nutrition potassique des céréales, ce qui peut être nuisible surtout au niveau K1, mais aussi au niveau K2.

Dans les essais étudiés, il n'y a pas eu ce qu'on nomme (à tort parfois) consommation de luxe par la plante sarclée, les nutriments potassiques ayant été à peine optimales avec la plus forte dose K2 R1.

Il n'y a pas eu de déséquilibre nutritionnel K/Mg, mais le blocage est à déconseiller s'il y a un risque de déficience Mg (à moins de corriger celle-ci pour plusieurs rotations).

### 4. CONSIDÉRATIONS RELATIVES À L'ENRICHISSEMENT DES SOLS EN POTASSE

Cet aspect du problème avait auparavant été résumé dans le dossier K<sub>2</sub>O précédent n° 17 (octobre 1980) à partir des résultats de Sancourt et de Locmaria.

Le tableau 28 rapporte l'essentiel des faits.

Tableau 28 : Évolution de K<sub>2</sub>O échangeable sur les essais

	K <sub>2</sub> O échangeable °/° initial	K <sub>2</sub> O échangeable °/° (en fin d'essais)				
		K0	K1	K2	K2 R1	K2 R2
Sancourt	0,120	0,064	0,087	0,137	0,125	0,150
Locmaria	0,070	0,025	0,045	0,100	0,092	0,110

Il est apparu, sur ces deux essais, ce à quoi on pouvait s'attendre, que la dose K<sub>2</sub>O globale sur la rotation conditionnait le statut potassique du sol : très net appauvrissement en K0 sur 15 et 9 ans, appauvrissement encore significatif en K1 (220 kg K<sub>2</sub>O/ha sur 3 ans), enrichissement significatif en K2 (440 kg K<sub>2</sub>O/ha sur 3 ans).

Mais il est apparu aussi que le mode de répartition de la dose K<sub>2</sub>O globale sur les cultures de la rotation n'était pas sans influence, la fertilité potassique étant mieux assurée avec la répartition annuelle qu'avec le blocage en tête de rotation (comparaison K2 R1/K2 R2).

En conclusion, on peut dire que pour des considérations d'alimentation potassique des plantes et de maintien ou amélioration de la fertilité potassique des sols, il est préférable d'appliquer l'engrais potassique sur chaque culture de la rotation.

Si l'agriculteur se fixe une dose globale pour la rotation, il doit veiller à l'optimiser, c'est-à-dire à la répartir de telle sorte que la dose appliquée sur la plante sarclée, tête de rotation, ne pénalise pas cette culture.

---

SCPA 2, place du Général de Gaulle  
BP 1170 - 68053 Mulhouse Cedex  
945 650 802 000 16 rcs Mulhouse B

Dépôt légal n° 3053 - 2° trimestre 1981  
« L'Alsace » Imprimerie Commerciale S.A.  
Mulhouse