

# L'utilisation de l'acide phosphorique des engrais minéraux par les plantes des prairies et par les plantes de grande culture

Par le Prof. Dr L. SCHMITT, Darmstadt

Si l'on recherche dans la littérature technique une documentation sur l'utilisation de l'acide phosphorique par les plantes cultivées on ne trouve que rarement des indications chiffrées qui, d'ailleurs, sont souvent contradictoires. Si jusqu'à ce jour aucune étude approfondie de cette question n'a été faite, c'est probablement parce qu'il serait nécessaire de pouvoir disposer de nombreux résultats d'essais, en particulier d'essais de longue durée dans lesquels il a été surtout tenu compte des nombreux facteurs qui sont en mesure d'influencer l'utilisation de l'acide phosphorique par les plantes, à savoir les facteurs essentiels: climat, sol, type de plante cultivée, forme d'acide phosphorique apportée et, également, réserves du sol en acide phosphorique. Depuis de nombreuses dizaines d'années la Station de Recherches Agronomiques de Darmstadt étudie sur une grande échelle les problèmes de la fumure phosphatée et nous sommes maintenant en mesure de fournir un certain nombre de précisions sur la question à l'étude, résultats qui ont non seulement un intérêt pour la science agronomique, mais également pour la vulgarisation et la pratique agricole.

## I. Utilisation de l'acide phosphorique des engrais minéraux par les plantes des prairies

Dans le problème qui nous occupe il y a lieu de faire une distinction entre les prairies et les autres cultures. Dans le cas des prairies les engrais apportés sont à la disposition d'une association de plantes très variées: graminées, légumineuses et herbes diverses. Prise séparément chacune d'entre elles a des exigences très différentes quant à l'assimilabilité des phosphates minéraux et, de ce fait, les utilise plus ou moins bien et plus ou moins vite. Mais ce qui est important pour nous et pour la pratique c'est l'action d'ensemble sur la prairie. Nous voulons connaître le pourcentage de l'acide phosphorique apporté qui sera utilisé par l'association végétale de la prairie. Dans les essais de fumure sur prairies et en plein champ on obtient, par la méthode différentielle bien connue, le degré d'utilisation (en %) de l'acide phosphorique des engrais apportés. Nous communiquerons tout d'abord les résultats de notre plus ancien essai de fumure sur prairies.

### 1. Utilisation de l'acide phosphorique dans l'essai de fumure sur prairie de Reichelsheim

L'essai de fumure sur prairie, vraisemblablement le plus ancien de notre continent, est établi depuis 1912 sur un limon granitique de l'Odenwald dans la vallée de la Gersprenz, près de Reichelsheim. Les conditions climatiques qui y règnent peuvent être considérées comme favorables. Les précipitations moyennes annuelles sont de 850 mm. Depuis 1934 nous y étudions l'utilisation de l'acide phosphorique en effectuant les analyses minérales nécessaires. L'essai comporte des parcelles qui depuis 1912 n'ont reçu aucune fumure phosphatée. Il est intéressant de signaler que dans ces parcelles le sol avait, encore en 1954-58, une teneur en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> pouvant atteindre 25 kg/ha. Dans les parcelles avec fumure phosphatée et potassique (96 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 120 kg de K<sub>2</sub>O) nous avons obtenu une augmentation annuelle du rendement en foin de plus de 30 q. En même temps nous avons enregistré une augmentation sensible de la teneur du foin en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Il en est résulté un prélèvement annuel de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de 33,5 kg/ha en 1934 (minimum) et de 67,2 kg/ha en 1955 (maximum). On peut en déduire un degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> variant entre 17 % et 44 %, soit en moyenne 30 % pour 20 années d'essais. Il est curieux de constater que le degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des engrais n'a pas diminué au cours des années, mais qu'il a régulièrement augmenté, et cela bien qu'on ait apporté, depuis

1912, tous les ans 96 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et que de ce fait, comme l'ont prouvé les analyses du sol, une amélioration sensible de l'approvisionnement du sol en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ait été assurée.

### 2. Utilisation de l'acide phosphorique dans l'essai de fumure sur prairie No 1.187 à Hüttenfeld

L'essai de fumure sur prairie No 1.187 est établi depuis 1917 sur sable humifère à Hüttenfeld, dans la vallée du Rhin, près de la vieille ville de Worms devenue célèbre par le chant des Nibelungen. Le niveau de la nappe phréatique y est favorable, la température moyenne annuelle est de 10,5° C et les chutes de pluie atteignent en moyenne 600 mm par an. Dans cet essai la fumure phosphatée et potassique a fait passer le rendement de 51,6 à 75,8 q. quand la potasse était apportée sous forme de kaïnite (sels bruts) et de 51,6 à 81,5 q./ha quand la fumure potassique était réalisée avec des sels de potasse à 40 % (engrais potassique concentré). Pour des augmentations moyennes de rendement de 25 et de 30 q. la forme sous laquelle la potasse était apportée avait une influence sur le degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des engrais phosphatés. Celui-ci était de 34 % dans le cas d'utilisation de kaïnite et de 39 % avec les sels de potasse à 40 %. Dans cet essai de longue durée le degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a également augmenté avec les années, il a atteint entre 1950 et 1954 les valeurs élevées de 40 et 42 % et ceci pour un apport annuel de 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Entre 1955 et 1958, il a même atteint 51 % (kaïnite) et 62 % (sels de potasse à 40 %).

### 3. Utilisation de l'acide phosphorique dans l'essai de fumure sur prairie No 142 à Beerfelden

L'essai de fumure sur prairie No 142 est implanté, depuis 1931, dans des conditions climatiques plus défavorables, à Beerfelden, sur sol de grès bigarré de l'Odenwald. Il se trouve à une altitude de 420 m, sur un haut-plateau qui reçoit tous les ans 1000 mm de pluie. La prairie d'essai représente néanmoins une prairie naturelle typique de cette région. L'essai comporte deux bandes: l'une «sans fumier», l'autre «avec fumier». Il a été ainsi possible de suivre l'action de la fumure au fumier de ferme sur le degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Dans la bande «sans fumier» il y a, entre autres, des parcelles restées sans aucune fumure depuis 28 ans. Les parcelles PK ont reçu tous les ans 64 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 120 kg/ha de K<sub>2</sub>O. Dans ces parcelles le degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a été en moyenne, pour 15 années d'essai, de 41 %.

Dans la bande «avec fumier», l'apport de fumier tous les 8 ans, bien qu'il ait assuré une augmentation du rendement en foin de 25 q. n'a, par contre, pas permis d'assurer un meilleur degré d'utilisation du P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> des engrais minéraux. Du fait que par la fumure au fumier de ferme la prairie ait reçu davantage d'acide phosphorique (au total 874 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) le degré d'utilisation de celui-ci est tombé à 32 %.

### 4. Besoin d'acide phosphorique d'une prairie pour produire 10 q. de foin

Depuis peu on recommande à nouveau dans l'établissement des plans de fumure, de tenir davantage compte des prélèvements de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dans l'espoir de pratiquer ainsi une fumure plus rationnelle. Il a été de ce fait particulièrement intéressant pour nous de calculer combien de kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ont été nécessaires chaque année, pour les différentes fumures expérimentées dans les deux plus anciens essais de fumure sur prairie, pour produire 10 q. de foin.

Dans l'essai No 1.137 de Reichelsheim il a fallu en moyenne, sur 20 ans, dans les parcelles recevant la fumure No 3, à savoir «potasse seule, sans acide phosphorique», 4,2 kg de

Nous avons dit que les alternances «repos-grain» sont largement étendues, mais il ne manque pas les régions où l'on pratique les rotations continues simples «fève-grain» (Italie méridionale et insulaire).

Dans les dernières années, la betterave sucrière à ensemencement automnal a été introduite. Dans les autres régions plus favorables la plante sarclée à ensemencement automnal (fève) est remplacé par celle à cycle printemps-été (coton, tabac, sésame, etc.) cultivée sur des terrains tenus en jachère hivernale.

La grande insuffisance des régions arides méditerranéennes se manifeste surtout dans des cultures fourragères d'assolements. Ces cultures sont rarement réalisées, bien qu'il ne manque pas des exemples de réussite de celle-ci. Le sainfoin d'Espagne (*Hedysarum coronarium*) qui, déjà caractérisé de vastes régions de Calabre et de Sicile (Italie), l'esparsette (*Onobrychis sativa*) en Grèce et Turquie. La luzerne (*Medicago sativa*) en culture sèche, réussit bien dans les terrains profonds, mieux si elle est traitée comme une plante «sarclée». Les mêmes herbes à ensemencement automnal et à cycle hivernal conduisent à de bons résultats: ainsi que celles des légumineuses (Vesce, feverolle et trèfle) ou de graminées (orge, avoine) et mieux de fourrages mélangés avec mélange convenable de légumineuses et de graminées. Le milieu méditerranéen se prête, en général, au développement de diverses cultures pour fourrages: saisonnières, annuelles, pluriennales.

En réalité, des progrès dignes de remarques se sont réalisés dans l'après-guerre en matière d'assolement: les surfaces en jachère se sont réduites et on a donné une plus grande importance aux cultures fourragères. Mais il n'y a pas de doute que presque toutes les régions méditerranéennes sont encore loin de ces progrès que, même en agriculture sèche, la technique agronomique permet aujourd'hui de réaliser.

## III. Les moyens de fertilisation

De nouvelles terres mises en culture, l'extension des zones irriguées et les progrès dans la technique agronomique, ont déterminé de notables accroissements dans l'emploi des fertilisants.

Selon les statistiques (20), la consommation d'azote, d'acide phosphorique et de potasse dans l'année 1957-58 en rapport avec la période de l'avant-guerre 1938 et l'immédiat d'après-guerre, a atteint les quantités indiquées dans les tableaux suivants:

Pays	Consommation d'Azote					
	1938		1949-53		1957-58	
	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %
1. France	218 000	251 700	15,5	483 500	121,8	92,1
2. Italie	128 500	145 400	13,1	273 000	112,4	87,8
3. Espagne	32 000	77 000	140,6	207 200	547,5	169,1
4. Portugal	17 000	26 000	52,9	56 900	234,7	118,8
5. Yougoslavie	—	5 900	—	95 000	—	1510,2
6. Grèce	8 600	23 600	174,4	67 400	683,7	185,6
7. Turquie	—	6 400	—	14 000	—	118,7
Pays	Consommation de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>					
	1938		1949-53		1957-58	
	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %
1. France	297 400	454 200	52,7	750 100	152,2	65,1
2. Italie	262 000	282 900	8,0	382 000	45,8	35,0
3. Espagne	60 300	155 500	157,9	288 000	377,6	85,2
4. Portugal	30 400	53 100	74,7	75 700	149,0	42,6
5. Grèce	4 600	9 900	115,2	135 000	2834,8	1263,6
6. Yougoslavie	7 700	19 100	148,0	45 900	496,1	140,3
7. Turquie	—	3 600	—	6 400	—	77,8
Pays	Consommation de K <sub>2</sub> O					
	1938		1949-53		1957-58	
	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %	Tonnage	accroissement par rapport à 1938 %
1. France	306 300	362 100	18,2	679 100	121,7	87,5
2. Italie	17 800	23 500	32,0	66 000	270,8	180,8
3. Espagne	28 100	39 500	40,6	82 000	191,8	107,6
4. Portugal	—	4 200	—	8 300	—	97,6
5. Yougoslavie	—	3 200	—	70 000	—	2087,5
6. Grèce	4 300	5 300	23,3	4 800	11,6	9,4
7. Turquie	—	1 900	—	6 100*	—	221,0

\*) 1956-57

Les pourcentages d'accroissement de la consommation des engrais apparaissent notables pour tous les pays considérés bien que pour ceux-ci, on doit considérer, l'incidence des régions arides et des non-arides<sup>9)</sup>. Dans tous les cas de tels accroissements sont aussi considérés en rapport avec le niveau atteint avant la guerre, période pendant laquelle la France et l'Italie surpassaient de beaucoup les autres pays.

Les rapports entre les consommations des trois éléments (N: P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: K<sub>2</sub>O, facteur égal à 1 pour la consommation d'Azote) sont les suivants:

Rapport N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O

	France	Italie	Espagne	Portugal
1938	1 - 1,36 - 1,40	1 - 2,04 - 0,14	1 - 1,88 - 0,88	1 - 1,79 - ...
1949-53	1 - 1,80 - 1,44	1 - 1,95 - 0,16	1 - 2,02 - 0,51	1 - 2,04 - 0,16
1957-58	1 - 1,55 - 1,40	1 - 1,40 - 0,24	1 - 1,39 - 0,40	1 - 1,33 - 0,15
	Yougoslavie	Grèce	Turquie	
1938	1 - ... - ...	1 - 0,90 - 0,50	1 - ... - ...	
1949-53	1 - 1,68 - 0,54	1 - 0,81 - 0,22	1 - 0,56 - 0,30	
1957-58	1 - 1,42 - 0,74	1 - 0,68 - 0,07	1 - 0,46 - 0,44	

En général, pour tous les pays le rapport N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a tendu à se réduire durant la dernière décennie. Les données exposées mettent à ce sujet en évidence une situation un peu préoccupante, si l'on tient compte des exigences des plantes (céréales en particulier) en phosphore et de la pauvreté des terrains méditerranéens en cet élément et si l'on tient compte du fait que l'augmentation de la production, consécutive aux apports accrus d'Azote, porte à une plus grande extraction du sol de phosphore et de potassium.

Nous avons dit que l'augmentation de consommation des engrais chimiques est due à des facteurs variés: nouvelles terres mises en culture et extension des cultures alternées à la place des repos; augmentation des zones irriguées et, par là, extension des cultures qui demandent des fumures plus importantes; progrès dans les autres secteurs de la technique agronomique. Un indice de l'augmentation des cultures d'assolement est donné par les surfaces utilisées en céréales, qui présentent les variations suivantes:

Pays	Surfaces en céréales (milliers d'Ha)		Accroissement	
	1948-52	1957-58	Ha	%
France	8 411	8 861	450 000	5,3
Italie	6 924	7 009	85 000	1,2
Espagne	7 350	7 524	174 000	2,4
Portugal	1 910	2 053	143 000	7,5
Yougoslavie	5 012	5 652	640 000	12,8
Grèce	1 550	1 717	167 000	10,8
Turquie	8 245	11 793	3 548 000	43,0

Outre les céréales on doit considérer les cultures qui demandent des fumures azotées et phosphatées importantes, par exemple celles qui sont irriguées. Malheureusement les données rapportées par les statistiques ne permettent pas d'évaluer avec une précision suffisante les accroissements des zones irriguées dans les régions arides et dans celles qui ne sont pas arides des divers pays; mais sans doute ils totalisent

	Tonnage		Accroissement %
	1938	1958	
N	32 216	101 456	215,0
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	70 227	114 782	63,4
K <sub>2</sub> O	896	8 779	880,0
rapport	1 - 2,18 - 0,03	1 - 1,13 - 0,09	

<sup>9)</sup> En Italie, les pourcentages d'accroissement des régions méridionales et insulaires, surtout arides, sont supérieurs aux moyennes nationales et différents du rapport en 1958 entre N et P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, en effet on a les données suivantes: