

Nouvelles directives de fumure

par la Commission romande des fumures* avec la collaboration de la Station fédérale de recherches agronomiques de Changins

Introduction

En 1966, la Commission romande des fumures avait publié des normes qui ont été très largement utilisées dans la pratique. *La spécialisation qui se manifeste de plus en plus dans l'agriculture exige aujourd'hui des directives qui permettent de mieux tenir compte du cas particulier de chaque exploitation.* Les amendements organiques peuvent varier considérablement d'une ferme à l'autre; il doit en résulter des incidences marquées sur l'importance des fumures minérales. En 1972, les Stations fédérales de recherches agronomiques de Reckenholz, Liebefeld et Lausanne publiaient de nouvelles directives de fumure. La Station de Lausanne se réservait toutefois la possibilité de nuancer quelque peu ces directives, compte tenu des conditions particulières de la Suisse romande. En 1974, MM. Rod et Ryser, de la Station fédérale de recherches agronomiques de Lausanne, présentaient à la Commission romande un document de base sur les principes d'une fumure dirigée et contrôlée. Se basant sur les données de ces publications et en tenant compte également des résultats d'essais de fumure réalisés en Suisse romande, principalement en ce qui concerne l'azote, la Commission romande des fumures a préparé à l'usage du praticien des normes destinées à remplacer celles de 1966; *ces nouvelles directives permettent de nuancer la fumure minérale en fonction de divers facteurs dont, en particulier, la richesse du sol, la nature de la culture et l'importance des amendements organiques.*

Certaines simplifications ont été admises par rapport aux données de base. Celles-ci ne devraient, en principe, pas avoir de conséquences sur le plan pratique, vu que le sol peut facilement corriger, par les mouvements de ses propres réserves en éléments fertilisants, les petites imperfections du système adopté, qui se situent d'ailleurs principalement au niveau de la fumure annuelle et non au niveau du bilan de fumure calculé sur un cycle de rotation.

La Commission a préféré ces quelques simplifications plutôt que de préparer un document qui resterait très théorique parce que trop complexe pour être appliqué.

Basées sur les connaissances actuelles en matière de fertilisation, les normes proposées doivent permettre un entretien rationnel d'un bon niveau de fertilité du sol. En s'efforçant de maintenir cet état par la restitution sous forme organique ou minérale des éléments prélevés par les cultures, ces directives répondent également aux exigences de la protection de l'environnement et de la santé publique.

Appréciation de la nature du sol

Une bonne appréciation du type de sol est importante; de celle-ci dépend la qualification de la fertilité en acide phosphorique (P_2O_5) et en potassium (K_2O) du sol. Pour l'appréciation d'un type de sol, la connaissance de la capacité d'échange des cations est très importante; toutefois, la détermination de ce facteur est onéreuse. Par expérience, nous savons que la capacité d'échange est en étroite corrélation avec le taux d'argile du sol. La détermination de la granulométrie (figure 1), ou l'appréciation par test tactile (tableau 1), nous permet de classer les sols en trois catégories importantes:

Tableau 1. Nature des échantillons de terre
Appréciation par test tactile de laboratoire en vue du conseil de fumure

Nature	Appréciation	Abréviation
Sol léger	très léger léger	t. lg. lg.
Sol moyen	léger à moyen moyen moyen à lourd	lg.-m. m.
Sol lourd	lourd très lourd	ld. t. ld.

Elément dominant	Sable	Limon	Argile
Abréviation	S	L	A

Exemples: lg.-m./S., lg.-m./L., m./A.

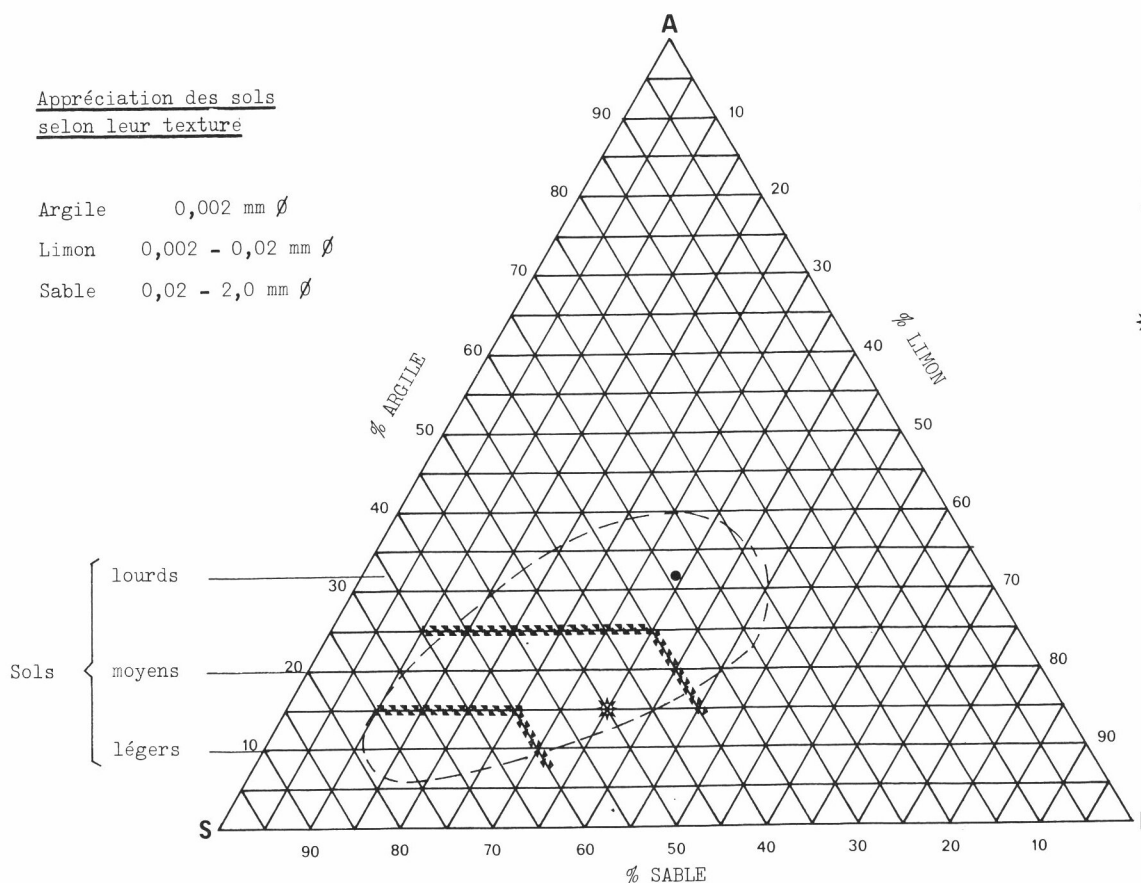
Sol léger: sol à faible capacité d'échange des cations, moins de 15 milli-équivalents par 100 g de terre. Ces terrains sont caractérisés par de fortes teneurs en sable et en limon. En général, ils contiennent moins de 15 % d'argile.

* Organe technique de l'Association romande des ingénieurs agronomes.

Texture des sols

Appréciation des sols selon leur texture

Argile 0,002 mm ϕ
Limon 0,002 - 0,02 mm ϕ
Sable 0,02 - 2,0 mm ϕ



Exemples :

• 33 % de sable
33 % d'argile
33 % de limon

☆ 15 % d'argile
50 % de sable
35 % de limon

Sol moyen: capacité d'échange de 15 à 25 milli-équivalents par 100 g de terre. La plupart de ces terrains contiennent entre 15 et 25 % d'argile, ils sont en général pauvres en sable.

Sol lourd: sol à forte capacité d'échange, plus de 25 milli-équivalents par 100 g de terre. Ces terrains ont en général au moins 25 % d'argile avec une forte dominance de limon.

Fumure phosphatée et potassique

Niveau de fertilité

Le niveau de fertilité en phosphate et potasse s'apprécie en interprétant les résultats d'analyse en fonction de la capacité d'échange d'un sol ou, plus simplement, du type de sol (tableau 2). Le contrôle du niveau de fertilité devra s'effectuer périodiquement.

Tableau 2. Barème d'appréciation de l'état de fertilité des sols
(Méthode Dirks-Scheffer)

Appréciation	P ₂ O ₅ indice			K ₂ O mg/100 g		
	Sol			Sol		
	léger	moyen	lourd	léger	moyen	lourd
Pauvre	0- 7,9	0- 3,9	0- 2,9	0- 1,4	0- 0,9	0- 0,5
Médiocre	8-15,9	4- 7,9	3- 5,9	1,5- 2,9	1- 1,9	0,6- 1,2
Normal	16-24	8-16	6- 9	3- 6	2- 4	1,3- 2
Riche	24-50	16-30	9-20	6-15	4-13	2-10
Très riche	> 50	> 30	> 20	> 15	> 13	> 10

Fumure corrective selon l'état de fertilité

Cette correction est fonction du type de sol. Elle est destinée à rectifier les niveaux de fertilité du sol. Théoriquement, la correction devrait s'effectuer en fonction de la culture et en tenant compte encore de facteurs tels que rendements, précédent cultural, etc. Pour simplifier, nous avons déterminé des corrections fixes applicables à toute culture selon le type de sol et son état de fertilité (tableau 3). Ce calcul a été établi sur la base de l'importance relative des différentes cultures en Suisse romande. La correction s'effectuera tant qu'un niveau de fertilité normal n'est pas atteint.

Tableau 3. Corrections de fumures en fonction du type de sol et du niveau de fertilité en P_2O_5 et K_2O
Correction exprimée en u/ha pour les plantes de grandes cultures.

Appréciation de la fertilité	Type de sol					
	léger		moyen		lourd	
	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O
Pauvre	+ 20	+ 35	+ 40	+ 70	+ 60	+ 100
Médiocre	+ 10	+ 20	+ 20	+ 40	+ 30	+ 60
Normal	0	0	0	0	0	0
Riche	- 10	- 20	- 20	- 40	- 30	- 60
Très riche	dans les cas extrêmes, suppression de la fumure					

Normes de fumure selon les cultures

Les normes de fumure correspondent à la quantité d'engrais qu'il faut appliquer pour une culture donnée dans un sol normalement pourvu. Elle est basée sur les exportations d'une bonne culture et comprend une petite marge de sécurité (tableaux 4 et 5). Lors d'amendements organiques, il convient de déduire de la norme de base la valeur fertilisante PK de l'amendement. Toutefois, pour faciliter l'uti-

lisation de ces directives, nous avons déjà déterminé, pour les plantes de grandes cultures, des fumures corrigées pour les cas les plus fréquemment rencontrés (tableau 4, colonnes B et C). Pour les cas non prévus, il conviendra d'effectuer le calcul.

Dans les sols fortement calcaires, ainsi que dans les sols tourbeux, ces normes doivent être nuancées.

Valeur fertilisante minérale des engrais de ferme, des déchets de récolte et autres amendements

La valeur fertilisante minérale des amendements organiques ne s'exprime que lentement. En général, pour le fumier, on admet pour le phosphore et la potasse une efficacité de 50 % en première année, 30 % en deuxième et 20 % en troisième année. Par mesure de simplification et en tenant compte que le sol, grâce à ses réserves, est à même d'assurer des compensations de courte durée, nous avons décidé de comptabiliser l'effet des amendements organiques d'une certaine importance sur 2 ans (par exemple apport de fumier). Dans le cas d'amendements de faible importance (par exemple pailles) ou de fumure liquide (purin), la valeur fertilisante de l'amendement (tableau 6) sera déduite en totalité de la norme de base de la culture qui bénéficie de l'amendement (déduction totale sur une année).

La fumure azotée

Dynamique de l'azote

L'azote dans le sol est principalement sous forme organique (plus de 98 %). L'azote est assimilé par les plantes essentiellement sous forme minérale (nitrate et ammoniacque). Le rapport entre l'azote organique et minéral dans le sol est régi par l'activité de divers groupes de micro-organismes. Pour un sol et des conditions climatiques et cultures données, il semble exister un rapport entre l'azote organique et minéral. Ce rapport est toutefois différent selon les saisons. En effet, la minéralisation de l'azote organique en azote minéral est un phénomène plus spécifique que la réorganisation

Tableau 4. Normes de fumure pour plantes de grandes cultures

Culture	Rendement considéré q//ha	A Normes de base (sans fumier depuis 2 ans et/ou sans paille)		B Cultures avec fumier et cultures de l'année suivante		C Après enfouissement des pailles, tiges de maïs, etc. ¹	
		P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O	P_2O_5	K_2O *
Blé, orge, seigle	50	70	120	25	30	60	60
Avoine	45	60	160	15	70	50	100
Maïs (grain)	75	100	210	55	120	90	150
Pomme de terre	400 }	100	300	55	210	90	240
Betterave	500 }						
Colza	30	90	150	45	60	80	90
Féverole	30	60	120	15	30	50	60
Tabac (feuilles)	35	70	250	25	160	60	190
Culture dérobée	35	40	110	0	20	30	50

¹ Par mesure de simplification, nous avons admis une valeur moyenne correspondant aux apports de 4,5 à 5 t de paille à l'ha, soit une déduction de 10 kg P_2O_5 et 60 kg K_2O à la norme de base.

* Dans le cas d'une culture après enfouissement de collets de betteraves, on déduira de cette norme 70 unités/ha de K_2O .

Tableau 5. Normes de fumure pour les prairies

Les données d'altitude n'ont qu'un caractère indicatif. Il faut tenir compte en premier lieu du nombre d'utilisations

Type de prairie	Rendement moyen q/ha	Norme*	
		P ₂ O ₅	K ₂ O
a) Prairies fauchées intensives			
4 à 5 coupes (jusqu'à 700 m)	125	100	300
3 à 4 coupes (700 à 850 m)	100	80	240
2 à 3 coupes (850 à 1000 m)	75	60	180
1 à 2 coupes (au-dessus de 1000 m)	50	40	120
b) Prairies à faner exploitées plutôt extensivement (avec év. pâture d'automne)			
2 à 3 coupes (jusqu'à 700 m)	100	80	240
2 coupes (700 à 850 m)	70	60	180
1 à 2 coupes (850 à 1000 m)	50	40	120
1 coupe (au-dessus de 1000 m)	40	30	90
c) Prairies polyvalentes (alternance fauche/pâture) Prendre les normes a) et déduire 7 kg P ₂ O ₅ et 25 kg K ₂ O par pâture. Ne pas faire de déduction pour la pâture d'automne.			
d) Pâturages exclusifs			
6 rotations (jusqu'à 700 m)	125	60	150
5 rotations (700 à 850 m)	100	50	125
4 rotations (850 à 1000 m)	75	40	100
3 rotations (1000 à 1500 m)	50	30	75
1 à 2 rotations (au-dessus de 1500 m)	30	20	50

* La valeur fertilisante PK des amendements organiques est à déduire de ces normes; ainsi, par un purinage de 30 m³, on déduira 3 kg P₂O₅ et 165 kg K₂O.

Tableau 6. Valeur fertilisante minérale des engrais de ferme, des déchets de récolte et autres amendements

Apport organique	Quantité	Éléments minéraux utilisables en kg		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fumier (1 m ³ = 800 kg)*	100 q.	15	30	60
Compost de gadoues (1 m ³ = 500 kg)*	100 q.	9	30**	40
Fumier de volaille*	10 q.	7	15	8
Boues d'épuration 90 % eau	10 m ³	12	?	?
Purin bovin pauvre en excréments solides	10 m ³	15	1	55
Purin bovin avec 50 % d'excréments solides et dilué (1:1)	10 m ³	23	6	45
Purin bovin complet (lisier)	10 m ³	18	10	35
Purin de porc	10 m ³	18	16	12
Paille de blé	10 q.	—	2,2	11
Paille de seigle	10 q.	—	3,0	11
Paille d'orge	10 q.	—	2,3	18
Paille d'avoine	10 q.	—	3,0	22
Paille de colza	10 q.	—	3,3	15
Paille de maïs-grain	10 q.	—	3,4	18
Paille de féverole	10 q.	—	3,0	20
Collets de betteraves	100 q.	11	8,0	44

* Une restitution occasionnelle se comptabilisera pour P₂O₅ et K₂O en principe à raison de 50 % la première et 50 % la deuxième année qui suivront l'enfouissement. Lorsque les apports sont peu importants (cas des pailles) on pourra tout comptabiliser dans l'année qui bénéficie de l'application.

** Taux d'utilisation faible dépendant fortement du pH du sol.

de l'azote minéral en azote organique. Il en résulte que le sol est relativement pauvre en azote minéral en période froide et relativement riche en été, en particulier si l'humidité du sol est optimum pour la minéralisation (2/3 de la capacité au champ).

Effet des fumures minérales et organiques sur la dynamique de l'azote

En modifiant le rapport entre l'azote organique et minéral par une fumure, l'activité biologique qui se déclenche tendra à le rétablir au bout de plusieurs mois. La fumure

Tableau 7. Normes de fumure azotée

Culture	kg N/ha	Remarques
Blé	60–110	à fractionner pour blé d'automne en totalité au printemps ¼ (év. 1/3) en automne
Orge, seigle, avoine	40– 80	
Colza	100–150	
Maïs	100–150	au semis, év. dans sol léger et sous climat humide, à fractionner ½ à ½ en cours de végétation. (Prendre garde, effet azote tardif sur betterave).
Pomme de terre	100–140	
(Plants de pomme de terre)	80–120	
Betterave	100–140	
Tabac	100–130	au semis
Féverole	jusqu'à 40	
Cultures dérobées	jusqu'à 60	
(maïs en vert)	80–100	
Prairie à faner		à fractionner au printemps
– du plateau	jusqu'à 120	
– zone 700 à 900/1000 m	jusqu'à 80	
– au-dessus de 900/1000 m	jusqu'à 30	
Prairie fauchée ou pâturée intensivement (au moins 4 récoltes)	150–220	à fractionner entre les coupes 40–50 kg de N au semis ou après moisson de la céréale protectrice
Prairie de trèfle ou de luzerne	0	

minérale entraîne donc un enrichissement à court et moyen termes de la teneur en azote minéral du sol.

L'effet de la fumure organique dépend étroitement de la nature de l'amendement. Dans le cas de substances pauvres en azote, rapport C/N supérieur à 30 (pailles), il résulte, à court terme, une consommation de l'azote minéral présent dans le sol par les micro-organismes et, de ce fait, un blocage de l'azote.

Lors d'enfouissements de substances dont la teneur en azote varie entre 1,7 et 3,3 %, rapport C/N de 15 à 30 (fumier, engrais vert lignifié), les besoins des micro-organismes sont couverts. Quelques mois après l'enfouissement, on constate une augmentation de la teneur en azote minéral du sol. Toutefois, cet azote minéralisé ne représente qu'une partie de l'azote de l'amendement organique, dans le cas du fumier, environ 30 %.

Lors d'amendements dont la teneur en azote est supérieure à 3,3 %, rapport C/N inférieur à 15 (engrais vert jeune, légumineuses, fumier pauvre en paille et très décomposé), il y a production immédiate d'azote minéral.

A long terme, tout enrichissement de la masse organique du sol entraîne une augmentation de la teneur en azote minéral.

Effet d'autres mesures culturales

Le précédent cultural, le travail du sol, l'irrigation, sont autant de facteurs qui peuvent influencer la teneur en azote minéral du sol. Sous climat humide, la minéralisation est plus intense que dans des régions sèches. Une culture de légumineuses peut fixer, par hectare, de 100 à 400 kg d'azote gazeux sous forme organique. L'aération du sol favorise la minéralisation. Il en résulte que les normes de fumure doivent tenir compte également de ces facteurs.

Perte d'azote

Les pertes d'azote se manifestent principalement par lessivage durant l'hiver. Ces pertes sont nettement plus importantes en terre nue que sous culture. En général, une fumure azotée d'automne favorise ces pertes.

Dans les sols alcalins, lors d'apports en surface d'engrais ammoniacaux ou lors d'amendements organiques très riches en azote, il peut se produire une évaporation d'ammoniac. Des pertes par dénitrification peuvent se manifester également dans les sols froids et humides (conditions asphyxiantes).

Pratique de la fumure azotée

Normes de fumure pour les conditions de cultures de Suisse romande

Les normes de fumure azotée (tableau 7) ont un caractère indicatif. Les données supérieures seront appliquées pour les variétés les plus productives et dans les sols pauvres et séchards. On tiendra compte également de l'état de la culture et de l'expérience locale.

Tableau 8. Corrections en fonction des amendements organiques

Amendements organiques	Corrections kg N/ha
Paille céréales et maïs	+ 20 à + 40
Paille de colza	0
Collets de betterave	– 30 à – 40
Engrais vert selon quantité et richesse en protéines	– 10 à – 50
Fumier (300 qm/ha)	– 30 à – 50
Purin et lisier par épandage (30 m ³)	– 50 à – 60

Tableau 9. Corrections selon précédents culturaux

Précédents culturaux	Corrections kg N/ha
Trèfle – luzerne	- 30 à - 50
Prairie artificielle avec légumineuses pois, féverole	- 20
Céréales après une sarclée	0
Céréales après une céréale	+ 10 à + 20

Tableau 10. Corrections en fonction des précipitations hivernales

Culture	Après hiver très pluvieux	Après hiver très sec
Céréales d'automne et colza	+ 20	- 20
Céréales de printemps, pomme de terre primeur	+ 10	- 10
Autres cultures	0 à + 10	0 à - 10

Dans les sols tourbeux, on déduira de la norme 60 à 80 kg d'azote par hectare.

Corrections à la norme (kg de N à ajouter ou à soustraire à la norme).

Des corrections à la norme seront effectuées en fonction des amendements organiques (tableau 8), des précédents culturaux (tableau 9), et des précipitations hivernales (tableau 10).

La correction maximum prévue pour les pailles ne s'appliquera que dans le cas d'enfouissement occasionnel

d'une forte quantité de paille. En cas d'enfouissement systématique, la correction pourra s'atténuer progressivement. Les pailles de colza ne nécessitent aucun complément azoté. Les repousses qui se manifestent après colza constituent un apport de N organique qui permet de compenser la faible teneur des pailles.

L'azote du purin est principalement sous forme de carbonate d'ammoniaque. Par temps beau et sec, les pertes de NH_3 peuvent atteindre 1/3 de l'azote total. Pour limiter ces pertes, il convient d'épandre par temps pluvieux.

L'azote des amendements organiques, à l'exception de celui du purin, est, en principe, mieux utilisé par les cultures estivales que par les cultures printanières. Il convient d'en tenir compte lors du calcul de la correction.

L'effet des précipitations hivernales est surtout marqué pour les cultures qui ont des besoins précoces d'azote; l'effet est plus faible sur les cultures tardives et estivales. Effet également faible sur prairie (lessivage limité sous prairie).

Influence de la nature des engrais minéraux

L'efficacité des divers engrais minéraux dépendra en partie de la nature des terres.

Dans les terres saines, à bonne structure et à pH neutre, l'effet des divers engrais azotés sera pratiquement équivalent, sauf en période froide (février/mars). Dans celles où la nitrification est lente (sols acides et sols compactés), les nitrates auront un effet plus rapide.

Dans les sols calcaires et à pH élevé, l'utilisation d'engrais ammoniacaux, dont l'urée, peut entraîner certaines pertes en NH_3 , en particulier si les engrais ne sont pas enfouis.

Littérature

- COOKE, 1970. The control of soil fertility. 1970 Crosby Lockwood London.
- CROHAIN et RIXHON, 1967. La valeur fertilisante des feuilles et collets de betterave. *Bull. de Recherches agronomiques de Gembloux II*, 397-428.
- HEBERT, 1966. L'azote dans le sol. Conférence organisée par la Commission romande des fumures, Lausanne, 10.2.1966.
- LEFEVRE, 1969. L'azote et les matières organiques. Cours de perfectionnement en production végétale, Lausanne, 21 et 22 avril 1969.
- KOBLET, 1965. Der landwirtschaftliche Pflanzenbau. Birkhäuser Verlag 1965.

- ROD et RYSER, 1969. Normes de fumure et état de fertilité des sols. *Revue suisse d'agriculture* 1, 56-60.
- ROD, RYSER et LUISIER. Principes d'une fumure minérale dirigée et contrôlée. A paraître dans la *Recherche agronomique en Suisse*.
- Stations fédérales de Reckenholz, Liebefeld et Lausanne, 1972. Düngungsrichtlinien für den Acker- und Futterbau. *Mitt. für die Schweiz. Landwirtschaft* 20, 33-49.
- VEZ, 1970. La fumure des céréales. Cours de perfectionnement en production végétale, Zurich, 9-10 avril 1970.
- VULLIOUD, 1970. La fumure du colza. Cours de perfectionnement en production végétale, Zurich 9-10 avril 1970.

Annexe :

Exemple de calcul de la fumure P K

Cas A : Exploitation avec bétail

Type de sol: lourd

Niveau de fertilité:

P₂O₅: indice 5,8 appréciation (tabl. 2): médiocre

K₂O: 1,6 mg/100 g terre appréciation (tabl. 2): normal

Correction à apporter (tant que le niveau de fertilité normal n'est pas atteint):

P₂O₅: + 30 kg/ha

K₂O: pas de correction

Rotation: blé – pomme de terre – blé – prairie – prairie

Plan de fumure

Rotation		Blé	Pomme de terre	Blé	Prairie	Prairie
Amendement organique		—	300 q/ha fumier	—	30 m ³ purin	60 m ³ purin
Tableaux consultés		4, col. A	4, col. A	4, col. B	4, col. B	5 et 6
Fumure minérale	P ₂ O ₅	norme (tabl. 4 et 5)	70	55	25	100
		corr. non prévue pour fumure organ. (tabl. 6)	00	00	— 3	— 6
		correction selon sol	+ 30	+ 30	+ 30	+ 30
		fumure	100	85	127	124
	K ₂ O	norme (tabl. 4 et 5)	120	210	30	300
		corr. non prévue pour fumure organ. (tabl. 6)	00	00	— 165	— 330
		correction selon sol	0	0	0	0
		fumure	120	210	135	0

Cas B : Ferme sans bétail

Type de sol: moyen

Niveau de fertilité:

P₂O₅: indice 18 appréciation (tabl. 2): riche

K₂O : 2,7 mg/100 g terre appréciation (tabl. 2): normal

Correction à apporter (tant que le niveau de fertilité normal n'est pas atteint):

P₂O₅: — 20

K₂O : pas de correction

Rotation: blé – maïs – blé – pomme de terre – blé – colza

Plan de fumure

Rotation		Blé	Maïs	Blé	P.d.t.	Blé	Colza
Amendement organique		paille	paille	paille	paille	—	paille
Tableaux consultés		4, col. B	4, col. B	4, col. B	4, col. B	4, col. 4	4, col. B
Fumure minérale	P ₂ O ₅	norme	60	90	60	90	80
		— avec paille	00	00	00	00	00
		— sans amend.	— 20	— 20	— 20	— 20	— 20
		correction selon sol	40	70	40	50	60
	K ₂ O	norme	60	150	60	240	90
		— avec paille	00	00	00	120	00
		— sans amend.	0	0	0	0	0
		correction selon sol	60	150	60	120	90