

Sous-commission grandes cultures

J.-P. Ryser, président ; J.-P. Charles, B. Chauvin, J. Degallier, Ph. Dougoud, R. Felber, A.-N. Maillard, D. Rossier, E. Thöni, P. Vullioud.

**Directives de fumure
pour les grandes cultures et les herbages
en Suisse romande**

Edition 1987

Préambule

Les « Directives de fumure pour les grandes cultures et les herbages » contiennent les principales informations permettant de résoudre les problèmes pratiques de la fertilisation. Pour la Suisse romande, la Commission romande des fumures a publié un premier document en 1966, *Les Nouvelles Normes de Fumure minérale*. Depuis, ces normes ont été revues et republiées à deux reprises : *Directives de Fumure 1974* et *Directives de Fumure 1974* (Révision 1980).

Le but de cette nouvelle édition consiste à actualiser les directives en fonction des connaissances récentes en matière de fertilisation, en harmonie avec l'évolution des techniques de production végétale agricole. Ces directives sont basées sur les normes de fumure fixées par les Stations fédérales de Reckenholz, Liebefeld et Changins. Certaines adaptations en ce qui concerne les modalités d'application de la fumure et le calcul des doses ont été apportées par la Commission romande des fumures afin de tenir compte des conditions particulières liées au climat, au type de sol et aux pratiques culturales de Suisse romande. Autres particularités, les fumures azotées sont à nuancer en fonction de facteurs tels que le précédent cultural, les fumures organiques, la richesse du sol en humus et le climat. Ces corrections, basées sur l'expérience culturale, sont indispensables pour bien maîtriser la fumure azotée. Un chapitre portant sur la fumure et l'environnement a été ajouté en vue de fournir un document comprenant aussi bien les aspects techniques qu'écologiques de la fertilisation.

Nos remerciements chaleureux vont à tous les collaborateurs des stations de recherches agronomiques, aux membres de la Commission de production végétale de l'ASIAT et de la Commission romande des fumures ainsi qu'aux services de vulgarisation pour leur aide précieuse.

Nous espérons que ce document contribuera à la propagation dans la pratique d'une fumure dirigée, respectueuse de l'environnement, dans le sens d'une production végétale intégrée.

Hiver 1986-1987 — Les auteurs

Objectifs et rôle de la fertilisation

L'agriculture doit subvenir aux besoins alimentaires de la population. De ce fait, des éléments nutritifs quittent le sol ou l'exploitation sous forme de produits végétaux ou animaux.

Dans le contexte actuel d'exploitation, la principale tâche de la fertilisation consiste à restituer au sol les éléments qui ont été extraits en évitant une surexploitation du sol qui pourrait altérer sa fertilité.

La notion de fertilisation comprend tout apport d'éléments nutritifs essentiels pour les végétaux (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), sous n'importe quelle forme. La fumure a pour but d'entretenir dans le sol une offre optimale en éléments fertilisants permettant d'assurer une croissance harmonieuse des plantes et l'obtention d'un bon rendement avec une qualité irréprochable du produit.

Figure 1. Concept de fertilisation pour une nutrition dirigée des plantes en harmonie avec la protection de l'environnement.

Buts et principes de la fertilisation

Couverture des besoins des plantes.
Amélioration et maintien de la fertilité des sols.
Respect des contraintes écologiques et économiques.

Bases

| | | | | |
|--|---|--|---|---|
| 1 Besoins quantitatifs des cultures (normes de fumure). | 2 Résultats d'analyses de sols spécifiques à chaque parcelle (type de sol, pH, teneur en éléments fertilisants). | 3 Quantités d'engrais de ferme et de déchets de récoltes produits ainsi que leur teneur en éléments fertilisants et leur disponibilité. | 4 Teneurs en éléments fertilisants et qualité des substances fertilisantes importées dans l'exploitation (déchets et engrais du commerce). | 5 Technique d'épandage adaptée en respectant les conditions de sol et le rythme de croissance des plantes. |
|--|---|--|---|---|

Mesures

| | | |
|---|--|---|
| Calcul des doses et choix conséquent des substances fertilisantes à acquérir. | Répartition rationnelle des engrais de ferme en tenant compte du site, de l'époque et de la culture. | Répartition précise des fertilisants sur chaque parcelle. |
|---|--|---|

Résultantes

Fertilité du sol assurée.
Qualité irréprochable des récoltes.
Rendement optimal obtenu avec un minimum d'agents de production.
Perte minimale en éléments fertilisants.

La conception actuelle d'une fumure adaptée aux besoins de la plante est résumée dans la figure 1. Il y a lieu de prendre en considération, dans l'ordre, les facteurs suivants :

1. Besoins en éléments nutritifs des plantes.
2. Teneur en fertilisants du sol.
3. Quantité d'engrais de ferme disponible.
4. Teneur et caractéristique des engrais de ferme, des déchets et des engrais du commerce.
5. Comportement des engrais et des éléments fertilisants dans le sol.
6. Evolution des besoins momentanés des cultures.
7. Rentabilité.

Il est dès lors indispensable de rappeler **deux lois fondamentales de la production végétale** particulièrement importantes pour la fertilisation :

- **La loi du minimum**, qui dit que l'élément le moins représenté ou le moins disponible pour la plante définit le niveau de rendement de la culture (éléments fertilisants, eau, lumière, température).
- **La loi des accroissements non proportionnels**, qui démontre le fait biologique suivant : l'accroissement des rendements n'est pas directement proportionnel à la dose d'engrais appliquée, mais toujours plus faible, jusqu'à tendre vers zéro. Une offre

en éléments fertilisants trop importante peut entraîner des dépressions de rendement et de qualité ainsi que des pertes.

L'objectif de la fertilisation n'est pas une maximalisation du rendement mais une optimisation de la production végétale.

Ainsi par exemple la fertilisation n'a pas pour but de corriger des carences induites par des techniques culturales inadaptées (rotation déséquilibrée, sol compacté par un travail intempestif ou par une récolte dans de mauvaises conditions, semis tardif, variété inadaptée, protection phytosanitaire inadéquate, etc.).

Normes de fumure

Les normes de fumure informent sur les besoins en éléments fertilisants des différentes cultures pour un rendement correct (tabl. 1 et 2). Elles correspondent en principe aux prélèvements (tabl. 28), sauf pour l'azote.

Néanmoins dans quelques cas (notamment dans les prairies), les apports recommandés peuvent être inférieurs aux prélèvements pour des raisons de qualité.

Tableau 1. Normes de fumures pour les herbages.

| | Rendement annuel dt/ha | Normes de fumure en kg/ha | | | |
|---|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg |
| Prairies permanentes fauchées intensivement | | | | | |
| 4-5 utilisations (jusqu'à 750 m) | 125 MS | 150-220 | 100 | 300 | 35 |
| 3-4 utilisations (750-1000 m) | 100 MS | 100-150 | 80 | 240 | 30 |
| 2-3 utilisations (1000-1200 m) | 70 MS | 50-120 | 60 | 180 | 20 |
| 1-2 utilisations (au-dessus 1200 m) | 35 MS | jusqu'à 40 | 30 | 90 | 10 |
| Prairies permanentes fauchées extensivement (première coupe tardive) | | | | | |
| 2-3 utilisations (jusqu'à 750 m) | 70 MS | 40- 50 | 60 | 180 | 30 |
| 1-2 utilisations (750-1000 m) | 45 MS | 20- 40 | 40 | 120 | 20 |
| 1 utilisation (au-dessus 1000 m) | 25 MS | jusqu'à 20 | 20 | 60 | 10 |
| Prairies permanentes pâturées intensivement | | | | | |
| 5-6 pâtures (jusqu'à 750 m) | 125 MS | 150-220 | 60 | 150 | 20 |
| 4-5 pâtures (750-1000 m) | 100 MS | 100-150 | 50 | 120 | 15 |
| 3-4 pâtures (1000-1200 m) | 70 MS | 50-120 | 40 | 100 | 10 |
| 1-2 pâtures (au-dessus 1200 m) | 35 MS | jusqu'à 40 | 20 | 60 | 5 |
| Prairies temporaires | | | | | |
| Mélanges de trèfle violet ou de luzerne + graminées (4-5 utilisations) | | | | | |
| a) avec beaucoup de légumineuses | 125 MS | 0 | 110 | 300 | 45 |
| b) avec peu de légumineuses | 125 MS | 150-220 | 100 | 300 | 25 |
| Mélange de trèfle blanc + graminées | | | | | |
| 4-5 utilisations (jusqu'à 750 m) | 125 MS | 150-220 | 100 | 300 | 30 |
| 3-4 utilisations (au-dessus de 750 m) | 100 MS | 100-150 | 80 | 240 | 25 |

* Fractionner les apports d'azote régulièrement entre les utilisations.

** Lorsque l'on introduit une pâture en lieu et place d'une fauche, déduire à chaque fois de la norme « fauche » 7 kg P₂O₅, 25 kg K₂O et 2,5 kg Mg.

Ne pas effectuer de déduction lorsqu'il s'agit d'une dernière pâture d'automne.

MS = matière sèche.

Tableau 2. Normes de fumures pour les grandes cultures.

| | Rendement annuel dt/ha | Normes de fumure en kg/ha | | | |
|--|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|----|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg |
| Céréales et plantes sarclées | | | | | |
| Blé d'automne | 60 ¹ + 75 ² | 140 | 75 | 130 | 15 |
| Blé printemps | 50 ¹ + 65 ² | 110 | 65 | 110 | 10 |
| Orge d'automne | 60 ¹ + 65 ² | 100 | 75 | 150 | 15 |
| Orge printemps | 45 ¹ + 50 ² | 90 | 55 | 120 | 10 |
| Avoine | 55 ¹ + 70 ² | 90 | 65 | 190 | 10 |
| Seigle/Epeautre | 50 ¹ + 75 ² | 90 | 60 | 120 | 10 |
| Triticale | 60 ¹ + 80 ² | 100 | 75 | 130 | 15 |
| Colza | 35 ¹ + 65 ² | 150 | 95 | 150 | 20 |
| Pomme de terre, consommation et industrielle | 450 ³ + 125 ⁴ | 140 | 110 | 300 | 25 |
| Pomme de terre, plant et primeur | 250 ³ + 70 ⁴ | 100 | 70 | 190 | 15 |
| Betterave sucrière | 600 ⁵ + 500 ⁶ | 130 | 90 | 300 | 60 |
| Betterave fourragère | 160 MS + 400 ⁶ | 130 | 115 | 300 | 50 |
| Maïs silo | 160 MS | 130 | 100 | 260 | 30 |
| Maïs grain | 80 ¹ + 95 ² | 130 | 100 | 260 | 30 |
| Féverole | 40 ¹ + 45 ² | 0 | 70 | 150 | 25 |
| Pois conserve | 50 ¹ | 0 | 55 | 120 | 20 |
| Pois protéagineux | 50 ¹ + 50 ² | 0 | 70 | 120 | 20 |
| Tabac | 25 ⁷ + 30 ⁸ | 170 | 40 | 260 | 15 |
| Engrais vert | | | | | |
| Engrais vert « non légumineuse » | 25 MS | 40 | 25 | 90 | 10 |
| Engrais vert « légumineuse » | 25 MS | 0 | 25 | 90 | 10 |
| Dérobées à faucher en vert | | | | | |
| Maïs vert | 60 MS | 80 | 50 | 160 | 20 |
| Dérobées variétés d'été | 35 MS | 50 | 35 | 120 | 10 |
| Dérobées variétés d'hiver: | | | | | |
| a) utilisation automne et printemps (2-3) | 60 MS | 60 | 50 | 150 | 15 |
| b) utilisation printemps (1-2) | 40 MS | 40 | 35 | 105 | 10 |

1 = grain 2 = paille 3 = tubercules 4 = fanes 5 = racines 6 = feuilles et collets 7 = feuilles 8 = tronc

MS = matière sèche MF = matière fraîche

Tableau 3. Description des principales méthodes d'analyses de sol utilisées par les stations de recherches agronomiques suisses pour optimiser la fertilisation.

| Prélèvement des échantillons | | Préparation de l'échantillon | Elément dosé | Solution d'extraction | Relation terre et solution d'extraction | Temps d'agitation d'extraction | Résultats | Définition des résultats |
|---|---|---|--------------------------------------|--|---|--------------------------------|-----------|--|
| Moment | Profondeur en cm | | | | | | | |
| Espace de temps entre la récolte de la dernière culture et la fumure de la suivante | 0-10 en prairie naturelle et 0-20 en terre assolée* | Séchage à l'air à 40°C et tamisage à 2 mm | P | H ₂ O saturé de CO ₂ | 1 : 2,5 | 1 h. | indice | indice 1 = 0,0356 mg P ₂ O ₅ /100 g de terre |
| | | | K | H ₂ O saturé de CO ₂ | 1 : 2,5 | 1 h. | mg | mg/100 g de terre |
| | | | Mg | 0,025-n CaCl ₂ | 1 : 10 | 2 h. | mg | mg/100 g de terre |
| | | | Mn (échangeable) | 1-n acétate d'ammonium | 1 : 10 | 0,5 h. | ppm | mg/kg de terre |
| | | | Mn (facilement réductible) | 1-n acétate d'am. + hydroquinone | 1 : 10 | 0,5 h. | ppm | mg/kg de terre |
| Juste avant l'apport d'engrais (printemps) | 0-10 (0-30, 30-60, 60-100) | frais tamisé à 10 mm | H ⁺ CaCO ₃ | eau dist. HCl conc. dil. 1 : 1 | 1 : 2,5 | 12 h. | pH % | g CaCO ₃ /100 g de terre |
| | | | NO ₃ -N + NH ₄ | H ₂ O | 1 : 4 | 1 h. | kg N/ha | |

*Y compris prairies temporaires.

Le niveau de rendement des cultures pris en considération est atteignable dans la plupart des exploitations. Toutefois, dans certaines régions ou exploitations, les rendements sont régulièrement et nettement (15 à 20%) inférieurs (par exemple zone limite pour grandes cultures), il y a lieu de réduire les normes en conséquence. A l'inverse, pour des rendements nettement plus élevés, les normes seront renforcées. Lorsqu'il y a correction, elle est proportionnelle à l'objectif de rendement.

Caractéristiques et niveau de fertilité du sol

Pour réaliser une fumure dirigée, il est nécessaire de prendre en considération, en plus du besoin des plantes, le niveau de fertilité du sol. Ce dernier doit être apprécié par des analyses périodiques (environ tous les 3-5 ans). Le but de ces analyses est d'une part une optimisation de la fertilisation future et d'autre part un contrôle de l'efficacité de la fumure antérieure. Le soin porté au prélèvement d'échantillons de sol est déterminant pour la valeur des résultats; des directives de prélèvement peuvent être obtenues auprès des stations de recherches agronomiques.

Les méthodes d'analyse les plus importantes utilisées à ce jour par les stations de recherches pour les grandes cultures sont résumées dans le tableau 3.

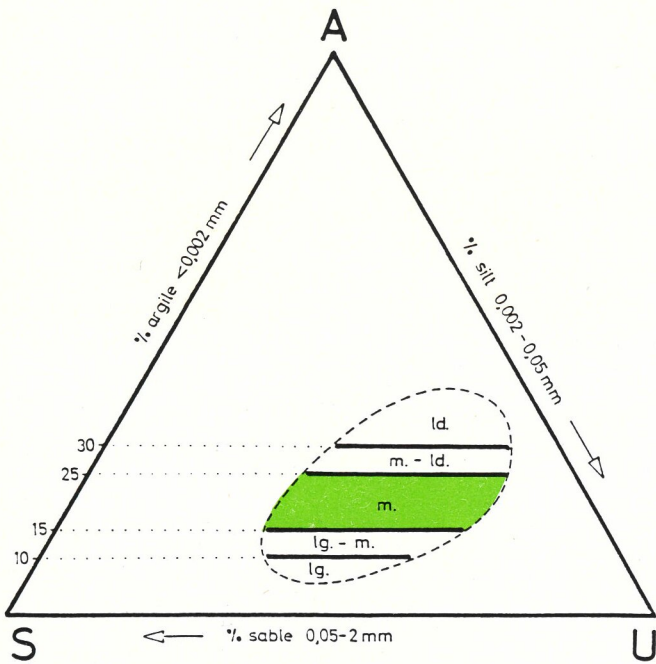
En ce qui concerne la granulométrie, les sols sont classés en trois groupes importants en relation étroite avec la capacité d'échange des cations (tabl. 4). Pour la

Tableau 4. Classification des sols en fonction de leur nature et de l'élément dominant.

| Elément dominant | Abréviation | Argile % | CEC* d'un sol normalement pourvu en M.O. |
|------------------------|-------------|------------|--|
| organique léger | H | 0 à 15 | < 12 |
| léger sableux | Ig | | |
| léger à moyen sableux | Ig S | | |
| léger à moyen silteux | Ig m S | | |
| léger à moyen argileux | Ig m U | | |
| moyen sableux | m S | 15 à 25 | 12-20 |
| moyen silteux | m U | plus de 25 | > 20 |
| moyen argileux | m A | | |
| moyen à lourd silteux | m Id U | | |
| moyen à lourd argileux | m Id A | plus de 25 | > 20 |
| lourd | Id | | |

*CEC = capacité d'échange des cations en milliéquivalents pour 100 g de terre.

Figure 2. Répartition de la plupart des sols du Plateau suisse.



Répartis dans un triangle représentant toutes les possibilités de mélange d'argile, de silt et de sable, les sols du Plateau suisse sont classés en cinq catégories : léger (lg), léger à moyen (lg-m), moyen (m), moyen à lourd (m-ld) et lourd (ld).

Suisse romande (voir fig. 2), la classification utilisée comporte cinq groupes : léger, léger à moyen, moyen, moyen à lourd et lourd. Cette information est complétée par la caractérisation de l'élément dominant :

| Élément dominant | Sable | Silt | Argile |
|------------------|-------|------|--------|
| Abréviation | S | U | A |

Tableau 5. Appréciation du taux (%) de matière organique du sol selon le type de sol.

| Sol léger | Sol moyen | Sol lourd | Appréciation |
|-----------|-----------|-----------|--------------|
| < 1,2 | < 1,8 | < 2,5 | pauvre |
| 1,2-2,0 | 1,8-3,0 | 2,5-3,5 | satisfaisant |
| 2,0-10 | 3,0-10 | 3,5-10 | riche |
| 10-20 | 10-20 | 10-20 | humifère |
| > 20 | | | tourbeux |

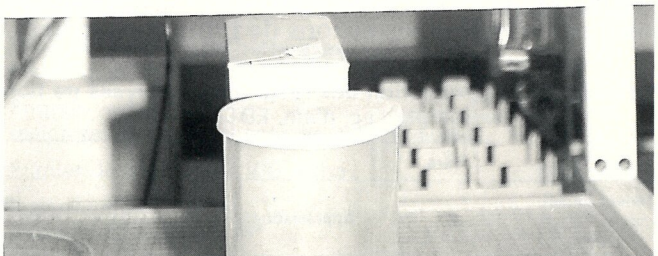
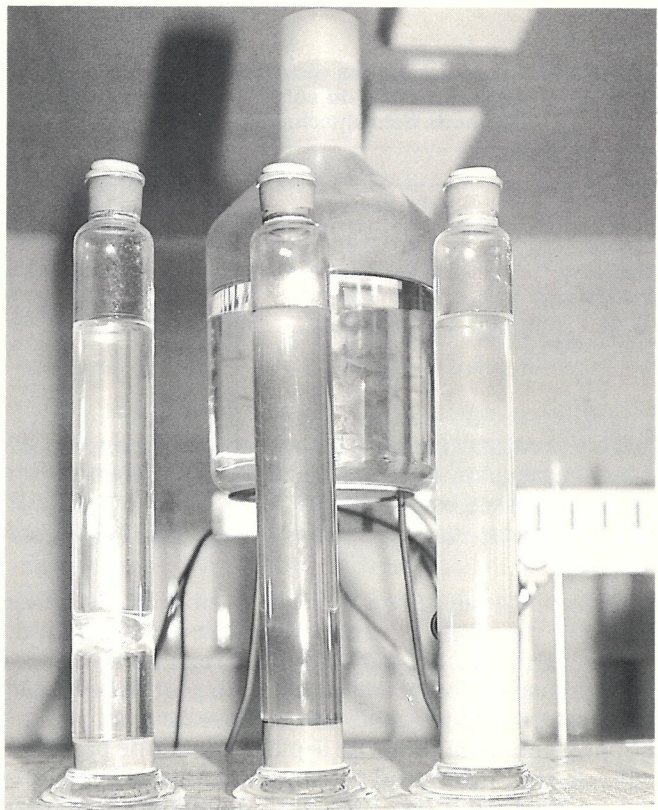
La teneur en matière organique des sols (humus) est appréciée selon 5 classes (tabl. 5). L'acidité ou l'alcalinité des sols est caractérisée par le pH (tabl. 6). Il est souvent utile de compléter cette dernière valeur par une appréciation du taux de saturation de la capacité d'échange des cations (tabl. 7). La connaissance du pH sera utile pour le choix de l'engrais (en particulier pour les phosphates).

Tableau 6. Appréciation du pH du sol.

| pH | Appréciation | Test HCl |
|---------|--------------------|----------|
| < 5,3 | Fortement acide | - |
| 5,3-5,8 | Acide | - |
| 5,9-6,7 | Faiblement acide | - |
| 6,8-7,2 | Neutre | - |
| 7,3-7,6 | Faiblement alcalin | + |
| > 7,6 | Alcalin | + |

Tableau 7. Appréciation du taux de saturation de la capacité d'échange des cations et état calcique du sol.

| Taux de saturation en % | | Appréciation de l'état calcique |
|-------------------------|--------------------|---------------------------------|
| Terre assolée | Prairie permanente | |
| < 40 | < 30 | Très pauvre |
| 40-49 | 30-39 | Pauvre |
| 50-59 | 40-49 | Médiocre |
| 60-80 | 50-80 | Satisfaisant |
| > 80 | > 80 | Suffisant |



La granulométrie est réalisée par sédimentation pour les fractions argile et silt, par tamisage pour la fraction sable. La terre dans laquelle on a détruit la matière organique est mise en suspension dans de l'eau contenant du calgon. Après brassage du cylindre, les prélèvements sont effectués par pipetage à une profondeur précise, et après un temps de sédimentation déterminé.

Tableau 8. Appréciation des résultats d'analyses de sol pour P₂O₅ et K₂O (extrait par eau saturée de CO₂). Profondeur de prélèvement en terre assolée : 0-20 cm, en prairie naturelle : 0-10 cm.

| Appréciation | Sol moyen | | | Sol léger | | Sol lourd | |
|--------------|---------------------------------------|---|---|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| | Indices P ₂ O ₅ | mg K ₂ O/100 g de sol Terre assolée | mg K ₂ O/100 g de sol Prairie naturelle | Indices P ₂ O ₅ | mg K ₂ O/100 g de sol | Indices P ₂ O ₅ | mg K ₂ O/100 g de sol |
| Pauvre | 0- 3,9 | 0-0,9 | 0-0,9 | 0- 7,9 | 0- 1,5 | 0- 2,9 | 0-0,5 |
| Médiocre | 4,0- 7,9 | 1,0-1,9 | 1,0-1,5 | 8-15,9 | 1,6- 2,9 | 3,0- 5,9 | 0,6-1,2 |
| Satisfaisant | 8,0-16,0 | 2,0-4,0 | 1,6-3,0 | 16,0-24,0 | 3,0- 6,0 | 6,0-10,0 | 1,3-2,0 |
| Riche | 16,1-32,0 | 4,1-8,0 | 3,1-6,0 | 24,1-50,0 | 6,1-12,0 | 10,1-20,0 | 2,1-4,0 |
| Très riche | > 32 | > 8,0 | > 6,0 | > 50,0 | > 12 | > 20,0 | > 4,0 |

Exception : pour les sols ayant tendance à fixer les phosphates (sols acides du Tessin) ou le potassium (sols lourds), cette échelle n'est pas valable. Dans ce cas il faut consulter la Station fédérale compétente.

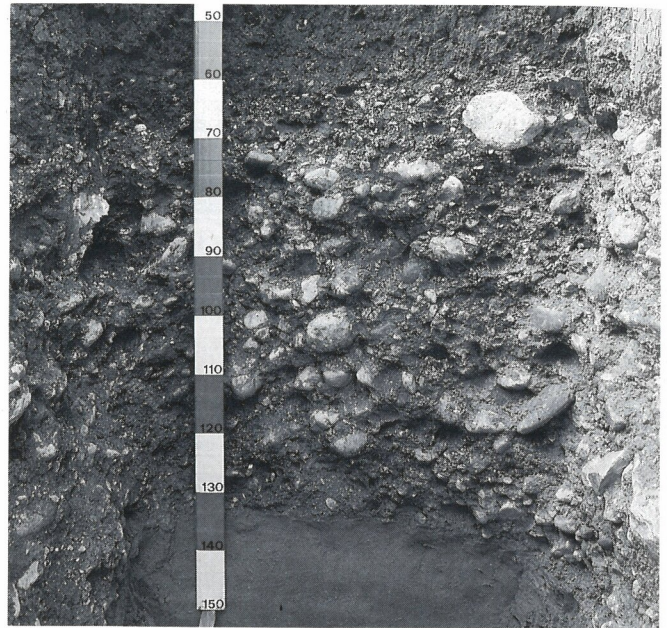
Les résultats d'analyse du phosphore, du potassium et du magnésium sont exprimés en indices et en mg pour 100 g de terre fine. Ils sont classés en 5 classes de fertilité : de pauvre à très riche (tabl. 8 et 9). La classe de fertilité optimale est la classe « satisfaisant ». Lorsque le sol est très riche en squelette (forte pierrosité), la fertilité doit tendre vers la limite supérieure de cette classe.

Tableau 9. Appréciation des résultats d'analyse de magnésium du sol. (Méthode Schachtschabel)

| Classe de richesse | mg Mg/100 g de terre fine | | |
|--------------------|---------------------------|-----------|-----------|
| | Sol léger | Sol moyen | Sol lourd |
| Pauvre | < 2,5 | < 3,5 | < 6 |
| Médiocre | 2,6- 5,0 | 3,6- 7,0 | 6,1-12 |
| Satisfaisant | 5,1- 7,5 | 7,1-10,5 | 12,1-18 |
| Riche | 7,6-10,0 | 10,6-14,0 | 18,1-24 |
| Très riche | > 10,0 | > 14,0 | > 24 |

Dans des cas particuliers, il peut être indispensable de doser le manganèse et le bore du sol. L'interprétation de ces analyses est décrite au tableau 10. Le barème d'appréciation de la salinité des sols figure au tableau 11.

En plus de l'analyse de sol, il est possible de recourir à l'analyse de plantes durant la période de végétation. Cette technique fait partie des moyens complémentaires à disposition pour résoudre un problème lié à la fertilisation. Les résultats de l'analyse de plantes indiquent la teneur actuelle de la plante ou d'une partie de celle-ci. Ils n'informent pas sur les causes de la malnutrition de la culture. L'analyse de matériel végétal (plante entière, tige, feuille, pétiole, etc.) permet de vérifier l'effet des corrections de fumure effectuées.



Lorsque le sol est très pierreux, on doit interpréter les résultats de l'analyse en augmentant la norme jusqu'au chiffre le plus élevé.

Tableau 11. Appréciation de la salinité du sol (mesurée par la conductivité de l'extrait à l'eau).

| Salinité du sol exprimée en mg KCl pour 100 g de terre | |
|--|--|
| < 30 | faible |
| 30- 70 | normale |
| 70-150 | légèrement élevée (peut causer des dégâts sur les plantes sensibles) |
| > 150 | élevée (peut causer des dégâts sur la plupart des cultures) |

Tableau 10. Appréciation des résultats d'analyses de bore (extrait à l'eau chaude) **et du manganèse du sol** (extrait par l'ac. d'am. EDTA).

| Bore | | Manganèse | | |
|---------------------|--------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------|
| Teneur du sol (ppm) | Appréciation | Teneur du sol échangeable (ppm) | Facilement réductible (ppm) | Appréciation |
| < 0,6 | Pauvre | < 2 | < 50 | Pauvre |
| 0,6-1,5 | Médiocre | < 2 | > 50 | Pauvre |
| 1,6-2,0 | Satisfaisant | > 2 | < 50 | Médiocre |
| 2,1-5,0 | Riche | > 2 | > 50 | Satisfaisant |
| > 5,0 | Très riche | | | |

* Selon les cultures, des teneurs en bore du sol atteignant 3 à 5 ppm peuvent déjà entraîner des effets de toxicité.

Tableau 12. Facteur de correction des normes de fumure en fonction du type de sol et du niveau de fertilité en P₂O₅, K₂O et Mg.

(La norme de fumure est à multiplier par ce facteur en fonction du niveau de fertilité.)

| Appréciation de la fertilité | Type de sol | | |
|------------------------------|-------------|-------|-------|
| | léger | moyen | lourd |
| Pauvre | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
| Médiocre | 1,3 | 1,4 | 1,5 |
| Satisfaisant | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Riche | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| Très riche | 0 | 0 | 0 |

Par contre, il faut être conscient que le matériel végétal est sujet à d'importantes variations des teneurs en éléments minéraux liés au stade phénologique, au climat, voire même aux conditions de prélèvement. Les résultats d'analyse de végétaux ne peuvent être utilisés seuls pour établir un plan de fumure.

Calcul de la fumure phosphatée, potassique et magnésienne

Dans le cas de sols considérés comme satisfaisants quant à leur niveau de fertilité, la norme de fumure pour P₂O₅, K₂O et Mg peut être appliquée sans correction pour les cultures qui atteignent le niveau de rendement défini. Une correction pour d'autres niveaux de rendement est effectuée selon les directives du chapitre « Normes de fumure ». Pour les corrections en relation avec les résultats d'analyse de sol, le principe est un renforcement de la norme de fumure pour les sols qualifiés de médiocres et pauvres et une diminution pour les sols riches et très riches. L'ordre de grandeur de la correction est consigné au tableau 12. La correction est fonction du type de sol (relation avec la capacité d'échange des cations) qui définit l'ampleur du réservoir. Pour les sols légers, à faible capacité d'échange, on appliquera une correction plus légère que pour les sols lourds, à forte capacité d'échange.

Pour éviter une consommation de luxe du potassium par certains fourrages, qui a en général pour conséquence une réduction de l'absorption du magnésium, il y a lieu de ne pas dépasser, par apport, 200 kg/ha de K₂O sur les prairies. Ainsi selon la répartition de la pluviométrie, on fractionnera les apports (par exemple au départ de la végétation, puis après la première ou la seconde exploitation). Dans les grandes cultures, afin d'éviter d'éventuels dégâts par excès de sel sur les plantes sensibles, on limitera les apports de potasse sous forme minérale à 300 kg/ha de K₂O. Pour les doses supérieures, liées à des corrections de fumure, on prendra soin de fractionner l'apport.

Dans les sols sableux, on apporte le potassium à la fin de l'hiver ou au printemps, afin de diminuer les pertes par drainage.

Lorsqu'on choisit des engrais minéraux, on tient compte de leurs caractéristiques (forme, solubilité, etc.); ces dernières figurent dans la liste des engrais (*Liste restreinte des engrais*, éditée par Sol-Conseil).

Fumure azotée

Pour la fumure azotée, il y a lieu de tenir compte, dans l'application des normes, non seulement de la quantité d'azote fixée par les cultures de légumineuses ou minéralisées à partir de la matière organique du sol, mais aussi des pertes (lessivage, dénitrification, etc.).

La norme (voir tabl. 1 et 2), est basée sur les résultats de nombreux essais de plein champ. Elle représente la valeur optimale pour des cultures placées après des précédents classiques (voir tabl. 13). Comme pour les

Tableau 13. Correction de la fumure N selon le précédent cultural.

| Culture | | Kg N/ha en + ou - de la norme |
|---|--------------------|-------------------------------|
| Prairie Luzerne | } de 3 ans et plus | - 40 |
| Prairie temporaire avec légumineuse | | |
| Anté-précédent prairie ou luzerne de longue durée | } (plus de 3 ans) | - 20 |
| Céréales* (paille récoltée), pomme de terre, maïs (ensilage), betterave feuilles récoltées, colza (pailles enfouies), tabac (troncs enfouies) | | |
| Protéagineux (pailles enfouies) | | - 20 |

* Céréale après céréale + 10.

¹ Il s'agit d'une situation de base à laquelle les autres précédents sont comparés.

autres éléments, la norme « azote » doit être corrigée en fonction du rendement raisonnablement atteignable si ce dernier est différent de celui pour lequel la norme est prévue. Elle peut être sujette à quelques variations liées à la variété ou à des conditions de sol plus extrêmes que celles citées dans les tableaux 14, 15, 16, et 17.

Tableau 14. Correction de la fumure N selon la fumure organique.

| | Kg N/ha en + ou - de la norme |
|---|-------------------------------|
| Paille de céréales ou de maïs (selon quantité) | + 20 à + 40 |
| Feuilles et collets de betteraves (selon quantité) | - 30 à - 40 |
| Engrais vert (selon quantité et richesse en légumineuses) | - 10 à - 20 |
| Fumier de bovins par 100 dt/ha | - 10 à - 20* |
| Lisier complet dilué 1 : 1, par épandage de 10 m ³ | - 10 à - 17* |
| Purin pauvre en excréments dilué 1 : 2, par épandage de 10 m ³ | - 10 à - 16* |
| Boues d'épuration par 10 m ³ | - 8 à - 15* |

Lorsque l'épandage correspond à la période de prélèvement par la plante, procéder à la déduction la plus importante. L'effet maximal n'est atteint que lorsque toutes les conditions pédo-climatiques sont optimales.

La norme de fumure azotée doit être modulée en fonction :

- du précédent cultural (voir tabl. 13);
- de la fumure organique (voir tabl. 14);
- de la teneur en matière organique et en argile du sol (voir tabl. 15);

Tableau 15. Correction de la fumure N selon la teneur en MO, et en argile du sol.

| | Teneur en argile (%) | | | | Kg N/ha en – de la norme |
|--|----------------------|---------|---------|---------|--------------------------|
| | < 15 | 15-25 | 25-40 | > 40 | |
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 0 |
| | 3 | 4 | 5 | 6 | – 10 |
| | 4 | 5 | 6 | 7 | – 20 |
| | 5 | 6 | 7 | 8 | – 30 |
| | 6 | 7 | 8 | 9 | – 40 |
| | 7 | 8 | 9 | 10 et + | – 50 |
| | 8 | 9 | 10 et + | | – 60 |
| | 9 | 10 | | | – 70 |
| | 10 | 11 | | | – 80 |
| | 11 | 12 | | | – 90 |
| | 12 | 13 | | | – 100 |
| | 13 | 14 | | | – 110 |
| | 14 | 15 et + | | | – 120 |
| | 15 | | | | – 130 |
| | 16 | | | | – 140 |
| | 17 | | | | – 150 |
| | 18 | | | | – 160 |
| | 19 | | | | – 170 |
| | 20 et + | | | | – 180 |

Exemple : pour un sol à 12 % d'argile et 5 % de matière organique, il faut déduire 30 kg d'azote/ha.

Tableau 16. Correction de la fumure N selon les pluies hivernales* et la profondeur utile du sol.

| Profondeur du sol | | Kg N/ha en + ou – de la norme |
|---|---------|---|
| < 60 cm | > 60 cm | |
| Faibles pluies (mm) : < 225 < 300 | | céréales aut. et colza céréales print. p. terre primeur autres cultures |
| | | – 20 – 10 0 |
| Pluies moyennes (mm) : > 225 < 400 > 300 < 480 | | toutes cultures |
| | | 0 |
| Fortes pluies (mm) : > 400 > 480 | | céréales aut. et colza céréales print. p. terre primeur autres cultures |
| | | + 20 + 10 0 |

* De début octobre à fin février.

Tableau 17. Correction de la fumure N selon les conditions printanières.

| | Kg N/ha en + ou – de la norme |
|---|-------------------------------|
| Printemps chaud sol normalement pourvu en eau bon état structural | – 20 |
| Conditions moyennes | 0 |
| Printemps froid sol très humide ou très sec structure défavorable | + 20 |

Si tous les facteurs ne sont pas réunis, se rapprocher de 0.

- des pluies hivernales (du début octobre à la fin février) et de la profondeur utile du sol (voir tabl. 16);
- des conditions printanières influençant la minéralisation et la disponibilité de l'azote (voir tabl. 17).

Fractionnement de la fumure azotée

Une fois la norme de fumure azotée adaptée aux conditions particulières de la parcelle, il faut éventuellement prévoir un fractionnement des apports. Le fractionnement a pour objectif une meilleure valorisation de l'azote, il s'agit en fait :

- d'apporter la fumure azotée en tenant compte du rythme d'absorption par la culture, tout spécialement en période où la minéralisation de la matière organique est faible;
- de limiter les pertes par lessivage, particulièrement en périodes où les précipitations sont excédentaires par rapport à l'évapotranspiration.

Les quantités maximales recommandées par épandage et le fractionnement par culture figurent au tableau 18.

Autres méthodes de calcul de la fumure azotée

Les techniques permettant d'estimer ou de calculer la dose d'azote connaissent un développement important ces dernières années.

Comme les normes, elles tendent toutes vers une optimisation de la valorisation de l'azote. Parmi elles, nous pouvons citer les plus connues :

- **Dosage de N_{min}** qui consiste à déduire d'une valeur clef, pour chaque culture, la quantité d'azote minéral du sol déterminée par analyse au printemps. Cette méthode requiert un gros investissement au niveau du prélèvement et de l'analyse. Etant donné qu'elle ne reflète que le taux d'azote du sol au moment du prélèvement, elle renseigne insuffisamment sur ce que le sol pourra fournir ultérieurement.
- **Méthode des bilans.** Il s'agit d'effectuer un bilan de l'azote tenant compte des besoins de la culture, des différentes sources d'azote, des pertes et du taux d'azote du sol après récolte.

Cette méthode développée par l'ITCF (Institut technique des céréales et des fourrages) pour les céréales, a donné de bons résultats. Dans l'état actuel de nos connaissances, elle ne peut pas être généralisée à toutes les cultures. Les directives de fumure et leurs tableaux de corrections contiennent en fait, de manière intégrée, les principaux éléments de la méthode des bilans.

- **Analyses de plantes.** Cette méthode consiste à prélever, à analyser du matériel végétal et à comparer les résultats aux valeurs de références reconnues (voir analyse de plantes au chap. « Caractéristiques et niveau de fertilité du sol »).

Tableau 18. Fractionnement et stades d'application de la fumure azotée.

| Quantités maximales recommandées par épandage : | |
|---|---|
| – premier printemps (jusqu'à mi-avril) : | – sols mi-lourds et lourds, profonds : 100 unités/ha – sols légers et filtrants ou sols superficiels : 60 unités/ha |
| – printemps et été (dès mi-avril) : | – sols mi-lourds, profonds : 140 unités/ha – sols légers et filtrants ou sols superficiels : 100 unités/ha |
| Recommandations par culture | |
| Prairies temporaires | 30 à 50 au semis 30 à 50 par utilisation |
| Prairies permanentes | 30 à 50 par utilisation |
| Cultures dérobées | Au semis* |
| Céréales d'automne | 1 ^{er} apport à la sortie de l'hiver (jusqu'à 60 unités/ha, selon l'état de la culture) 2 ^e apport au redressement (stade «épi à 1 cm») = apport principal mais au maximum 80 unités/ha* 3 ^e apport éventuel au stade 2 nœuds au plus tard à l'apparition dernière feuille |
| Céréales de printemps | 1 ^{er} apport au semis (30 à 60 unités/ha) 2 ^e apport stade «épi à 1 cm» = apport principal mais au maximum 80 unités/ha** 3 ^e apport éventuel au stade 2 nœuds ou plus tard à l'apparition de dernière feuille |
| Colza d'automne | 1 ^{er} apport en automne, au semis* (30 unités/ha) 2 ^e apport à la sortie de l'hiver 3 ^e apport lorsque les premiers entre-nœuds sont visibles |
| Pomme de terre | 1 ^{er} apport à la plantation (apport principal ou unique) 2 ^e apport éventuel au plus tard avant le début de la tubérisation |
| Betterave | 1 ^{er} apport au semis (apport principal) 2 ^e apport éventuel au plus tard au stade «4 feuilles» |
| Maïs | 1 ^{er} apport au semis (apport principal ou unique) 2 ^e apport éventuel jusqu'au stade 6-8 feuilles avec dispositif approprié |
| Tabac | 1 ^{er} apport à la plantation (apport principal ou unique) 2 ^e apport éventuel au premier sarclage avec dispositif approprié |
| Engrais vert | Au semis* |

Les apports doivent être raisonnés en fonction du rendement visé et surtout de l'équilibre botanique «graminées-légumineuses». L'azote favorise les graminées au détriment des légumineuses, surtout si l'utilisation est tardive. Un fractionnement régulier est préférable à des doses trop fortes.

* Les engrais de ferme doivent être déduits de l'apport d'automne, en condition de minéralisation favorable cet apport peut être supprimé. La majoration pour pailles enfouies doit être également effectuée en automne.

** Cette limitation est liée au fait que des doses plus élevées peuvent favoriser des maladies cryptogamiques.

Entretien de l'état calcique et fertilisation avec oligo-éléments

L'état calcique du sol est influencé par la roche-mère, par les conditions climatiques (pluviométrie) ainsi que par le système d'exploitation. L'opportunité d'un chaulage est définie en premier lieu par le pH du sol qui est complété par d'autres paramètres, tels que le type d'exploitation, la capacité d'échange des cations et son taux de saturation. Le tableau 19 définit les doses de chaux à appliquer en fonction de la capacité d'échange des cations et du taux de saturation. Pour les prairies permanentes, le chaulage est conseillé pour des sols ayant un taux de saturation inférieur à 50%. Pour les terres assolées, cette valeur est de 60% (voir tabl. 19).

Dans les conditions de l'agriculture suisse, la fertilisation avec des oligo-éléments n'est qu'occasionnelle. Grâce à la composition de la roche-mère, la plupart des sols ont des teneurs suffisantes pour assurer des rendements élevés de bonne qualité. Toutefois, dans quelques cas exceptionnels, une fertilisation avec du bore ou du manganèse peut s'avérer indispensable. Il s'agit en particulier des cultures exigeantes en bore

(betterave, colza) implantées sur des sols alcalins qui nécessitent des apports de 1,5-2 kg de B/ha.

Les doses de bore à appliquer en relation avec l'analyse de sol, le type de sol et la culture sont indiquées au tableau 20. Il est bon de rappeler ici que des doses intempestives de chaux peuvent sérieusement entraver l'alimentation des cultures en bore et en manganèse.

La disponibilité du manganèse est fortement diminuée dans les sols alcalins riches en matière organique.

Pour les autres oligo-éléments, l'analyse de sol ne se justifie que dans des cas exceptionnels.

Tableau 19. Dose d'amendement calcaire à appliquer sur la base de la capacité d'échange des cations et son taux de saturation pour une profondeur de sol de 20 cm.

| Terre assolée | Prairie permanente | Dose de CaCO ₃ en dt/ha | | | |
|---------------|--------------------|------------------------------------|----------------------------|-------|-------|
| | | Taux de saturation en % | CEC en méq./100 g de terre | | |
| | | < 10 | 10-15 | 15-20 | > 20 |
| > 60 | > 50 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 50-60 | 40-50 | 13,0 | 22,2 | 27,6 | 35,6* |
| 40-59 | 30-39 | 17,8 | 33,8* | 38,3* | 49,8* |
| < 40 | < 30 | 23,1 | 43,6* | 43,6* | 64,1* |

* Fractionner en 2-3 apports espacés de 2 à 4 ans. Avant le nouvel apport, une analyse du pH du sol est recommandée.

Tableau 20. Apports de bore et de manganèse basés sur les résultats d'analyse de sol, le type de sol et la culture.

| Élément | Appréciation | Sol pauvre à normalement pourvu en matière organique | | Sol riche en matière organique et humifère | | | |
|-----------|------------------------------|---|-----------------------|--|-----------------------|---|---|
| | | Culture peu exigeante | Culture exigeante* | Sol acide et faiblement acide | | Sol neutre et alcalin | |
| | | | | Culture peu exigeante | Culture exigeante* | Culture peu exigeante | Culture exigeante* |
| Bore | très pauvre | 1,5-2,0 kg B/ha** | 2,5-3,0 kg B/ha** | 1,5-2,0 kg B/ha** | 2,5-3,0 kg B/ha** | 1,5-2,0 kg B/ha** | 2,5-3,0 kg B/ha** |
| | pauvre | — | 1,5-2,0 kg B/ha** | — | 2,0-2,5 kg B/ha** | — | 2,0-2,5 kg B/ha** |
| | satisfaisant à très riche | — | — | — | — | — | — |
| Manganèse | très pauvre | 20-40 kg Mn/ha** | 30-50 kg Mn/ha** | 30-50 kg Mn/ha** | 40-60 kg Mn/ha** | 10-15 kg/ha Sulfate de manganèse*** | 10-15 kg/ha Sulfate de manganèse*** |
| | pauvre | 20-40 kg Mn/ha** | 20-40 kg Mn/ha** | 20-40 kg Mn/ha** | 20-40 kg Mn/ha** | 10-15 kg/ha Sulfate de manganèse*** | 10-15 kg/ha Sulfate de manganèse*** |
| | satisfaisant | — | — | — | — | — | — |

* Bore : betterave, colza. Manganèse : céréales, légumineuses, betterave.

** Fumure au sol (le bore peut être apporté au sol sous forme de borax, pulvérisé au sol sous forme d'acide borique ou par des engrais composés boratés).

*** Application foliaire (dans 600-1000 litres d'eau. Il est recommandé de répéter les applications. Le sulfate de manganèse peut être remplacé par d'autres produits spécifiques contenant du manganèse. Respecter les directives d'utilisation). L'application du manganèse au sol n'est pas efficace dans ces conditions.

Valeur fertilisante des engrais de ferme, des déchets de récolte, des engrais verts et des boues d'épuration

Dans bien des exploitations, les besoins des cultures en éléments fertilisants sont couverts, en partie du moins, par les engrais de ferme. Au tableau 21 on

trouve la valeur fertilisante des différents types d'engrais de ferme.

L'effet fertilisant des amendements organiques ne

Tableau 21. Richesse en matière sèche (MS), en matière organique (MO) et en éléments fertilisants des engrais de ferme en kg/m³ pour le purin, en kg/t pour le fumier.

| Genre et provenance des engrais de ferme | MS | Mat. org. | N total | N rapidement assimilable | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Ca | Mg |
|---|-----|-----------|---------|--------------------------|-------------------------------|------------------|------|-----|
| Bovin | | | | | | | | |
| Lisier (purin + tous les excréments solides) non dilué | 120 | 98 | 5,0 | 2,5- 3,3 | 2,0 | 7,0 | 2,6 | 0,7 |
| Lisier (purin + tous les excréments solides) dilué 1 : 1* | 60 | 49 | 2,5 | 1,2- 1,7 | 1,0 | 3,5 | 1,3 | 0,3 |
| Purin avec beaucoup d'excréments solides non dilué | 108 | 80 | 5,5 | 3,6- 4,7 | 1,3 | 9,1 | 2,0 | 0,4 |
| Purin avec beaucoup d'excréments solides dilué 1 : 2* | 36 | 27 | 1,8 | 1,2- 1,6 | 0,4 | 3,0 | 0,7 | 0,1 |
| Purin (urine) avec peu d'excréments solides non dilué | 70 | 40 | 6,9 | 5,5- 6,2 | 0,4 | 14,7 | 0,6 | 0,4 |
| Purin (urine) avec peu d'excréments solides dilué 1 : 3* | 17 | 10 | 1,7 | 1,4- 1,6 | 0,1 | 3,7 | 0,2 | 0,1 |
| Fumier bovin consommé (mûr) | 230 | 170 | 5,0 | 1,8- 2,2 | 3,0 | 6,0 | 5,0 | 1,2 |
| Fumier bovin consommé (mûr) de stabulation libre | 250 | 210 | 6,5 | 2,2- 2,6 | 2,8 | 9,5 | 3,3 | 0,9 |
| Porcin | | | | | | | | |
| Lisier de porc non dilué (lisier) | 78 | 60 | 5,1 | 3,0- 3,5 | 3,2** | 2,3*** | 2,0 | 0,6 |
| Lisier de porc dilué 1 : 1* | 39 | 30 | 2,5 | 1,5- 1,8 | 1,6 | 1,2 | 1,0 | 0,3 |
| Fumier de porc de stabulation libre | 250 | 220 | 7,5 | 2,8- 3,2 | 5,5 | 4,6 | 3,6 | 1,3 |
| Volaille | | | | | | | | |
| Lisier de poules (batteries) | 120 | 93 | 7,6 | 4,8- 5,4 | 5,2 | 3,3 | 8,2 | 1,1 |
| Crottes fraîches de poules : batteries | 220 | 170 | 14,0 | 8,5-10,0 | 11,0 | 6,0 | 15,0 | 2,0 |
| Crottes fraîches de poules : au sol | 760 | 660 | 26,0 | 8,0-12,0 | 28,0 | 16,0 | 38,0 | 4,0 |
| Chevalin | | | | | | | | |
| Fumier de cheval | 250 | 220 | 6,5 | 1,6- 3,2 | 3,0 | 6,3 | 2,9 | 1,0 |
| Ovin | | | | | | | | |
| Fumier de mouton | 250 | 220 | 8,5 | 2,1- 4,2 | 3,3 | 8,0 | 3,4 | 0,8 |

* Dilution (part de purin : part d'eau).

** Variation de 2,0 à 4,0 (les aliments riches en phosphore donnent des valeurs élevées, l'engraissement avec pommes de terre donne des valeurs basses).

*** Variation jusqu'à 5,2 (les rations riches en pommes de terre donnent des valeurs élevées).

Tableau 22. Valeur fertilisante indicative des déchets de récolte.

| Genre de déchet | Quantité (dt/ha) | Valeur fertilisante kg/ha | | | |
|-----------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------------|------------------------|----------|
| | | N assimilable | P ₂ O ₅ total | K ₂ O total | Mg total |
| Paille de blé | 70 | - 30* à 0 | 14 | 75 | 5 |
| Paille d'orge | 60 | - 30* à 0 | 12 | 100 | 4 |
| Paille d'avoine | 70 | - 30* à 0 | 18 | 150 | 5 |
| Paille de seigle | 75 | - 30* à 0 | 19 | 80 | 5 |
| Paille de colza | 65 | 0 | 23 | 100 | 10 |
| Paille de féverole | 45 | 0 à 20 | 14 | 90 | 13 |
| Paille de pois protéagineux | 50 | 0 à 20 | 44 | 48 | 9 |
| Paille de maïs | 95 | - 30* à 0 | 34 | 170 | 16 |
| Feuille de betterave | 500 | 30 à 40 | 40 | 250 | 35 |
| Tronc de tabac | 25 | 0 | 24 | 140 | 6 |
| Fanes de pomme de terre | 125 | 0 | 35 | 85 | 10 |

* Les valeurs négatives signifient qu'il faut renforcer l'apport d'azote sur la prochaine culture, afin de couvrir les besoins d'azote des microorganismes responsables de la décomposition de la paille.

s'exprime que lentement. En général, pour le phosphore, la potasse et le magnésium des fumiers, on admet 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 organique liquide (purin), la valeur fertilisante de l'amendement (tabl. 21) sera déduite en totalité de la norme de base de la culture qui bénéficie de l'amendement.

Tableau 23. Valeur fertilisante des boues d'épuration en relation avec leur provenance ainsi que leur teneur en matière sèche (MS)*.

| Teneur en MS Éléments | Provenance, quantités appliquées (m ³ /ha), quantités d'éléments nutritifs (kg/ha) | | | | | |
|--|---|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | STEP sans épuration chimique | | | STEP avec épuration chimique | | |
| | 20 m ³ /ha | 30 m ³ /ha | 50 m ³ /ha | 20 m ³ /ha | 30 m ³ /ha | 50 m ³ /ha |
| 3% MS | | | | | | |
| Azote rapidement assimilable** | 16 | 24 | 40 | 16 | 24 | 40 |
| Phosphore (P ₂ O ₅) | 28 | 42 | 70 | 40 | 60 | 100 |
| Potasse (K ₂ O) | 4 | 6 | 10 | 4 | 6 | 10 |
| Calcium (Ca) | 42 | 63 | 105 | 42 | 63 | 105 |
| Magnésium (Mg) | 4 | 6 | 10 | 4 | 6 | 10 |
| 6% MS | | | | | | |
| Azote rapidement assimilable** | 24 | 36 | 60 | 24 | 36 | *** |
| Phosphore (P ₂ O ₅) | 54 | 81 | 135 | 80 | 120 | *** |
| Potasse (K ₂ O) | 6 | 9 | 15 | 6 | 9 | *** |
| Calcium (Ca) | 84 | 126 | 210 | 84 | 126 | *** |
| Magnésium (Mg) | 8 | 12 | 20 | 8 | 12 | *** |
| 10% MS | | | | | | |
| Azote rapidement assimilable** | 30 | 45 | *** | 30 | *** | *** |
| Phosphore (P ₂ O ₅) | 90 | 135 | *** | 130 | *** | *** |
| Potasse (K ₂ O) | 8 | 12 | *** | 8 | *** | *** |
| Calcium (Ca) | 140 | 210 | *** | 140 | *** | *** |
| Magnésium (Mg) | 14 | 21 | *** | 14 | *** | *** |

* Ces teneurs varient fortement. Les bulletins de livraison délivrés par les transporteurs de boues contiennent les teneurs exactes des boues d'épuration distribuées.

** Valeurs lorsque les conditions et les moments d'applications sont optimaux.

*** Ces doses ne sont pas conseillées car les quantités d'azote et de phosphore dépassent largement les besoins des cultures.

En ce qui concerne le moment d'application dans les terres ouvertes, on retiendra les points suivants :

- en règle générale, le moment d'application du fumier correspond à celui du labour qui peut être remplacé par une bêcheuse ou un chisel. On peut également envisager une incorporation de fumier lors du déchaumage ;
- pour le purin, l'épandage a lieu juste avant la mise en place d'une culture ou durant la période de végétation. On évitera des applications sur sols gelés, enneigés ou gorgés d'eau (voir fig. 3).

L'enfouissement de déchets de récolte est également à prendre en compte dans le plan de fumure. Le tableau 22 fournit la valeur fertilisante des pailles et autres déchets de récolte.

Mis à part le cas des légumineuses qui fixent de l'azote atmosphérique, l'engrais vert ne fournit aucun élément fertilisant au sol puisqu'il restitue ce qu'il a prélevé. Si l'engrais vert a été fertilisé, il y a lieu de déduire phosphate, potassium et magnésium de la fumure destinée à la culture suivante. Pour l'azote on retiendra la correction indiquée au tableau 14.

L'application de boues d'épuration pose le problème de la variation de leur teneur en éléments nutritifs.

Les stations d'épuration doivent renseigner sur les teneurs des boues fournies. Au tableau 23, on trouve les apports d'éléments nutritifs en relation avec les quantités épandues selon le type de station d'épuration et la teneur en matière sèche des boues.

Rappelons que selon l'Ordonnance fédérale sur les boues d'épuration du 8 avril 1981, il est défendu d'appliquer des boues sur des sols détrempés, couverts de neige ou gelés. Les boues ne peuvent être épandues que dans des sols en culture ou prêts à être mis en culture (plantation ou semis). La dose ne dépassera pas 7,5 t/ha de matière sèche pour 3 ans.

Plan de fumure

Les différents aspects et exigences d'une fertilisation réalisée de manière conséquente peuvent être mis en application dans un plan de fumure annuel. Les instructions et les formules nécessaires à l'élaboration de tel plan de fumure peuvent être obtenus auprès des services de vulgarisation agricole.

Lors de l'établissement du plan de fumure, la marche à suivre conseillée est la suivante :

1. Etablir une liste de toutes les parcelles (nom et surface) avec les cultures en place ou à venir.
2. Inscrire les niveaux de fertilité du phosphore, du potassium, du magnésium ainsi que l'opportunité d'un chaulage résultant des analyses de sol.
3. Le cas échéant, inscrire les corrections de fumure en relation avec les objectifs de rendement et les résultats d'analyse de sol (voir tabl. 1, 2, 12, 13, 14, 15, 16, 17 et 18).

4. Répartir sur les surfaces, dans le temps, les engrais de ferme, puis porter en compte les quantités d'éléments fournies par les engrais de ferme pour chacune des cultures (voir tabl. 21 et 23).
5. Porter en compte la valeur fertilisante des déchets de récolte ou d'éventuelles fumures P, K ou Mg des engrais verts (voir tabl. 22).
6. Calculer les compléments de fumure à apporter par des engrais ne provenant pas de l'exploitation.
7. Choisir les engrais à acquérir (déchets organiques ou minéraux) en fonction de la nature du sol, des exigences des plantes, de l'organisation de l'exploitation et des prix (voir tabl. 23, 24 et 25).
8. Calcul des quantités d'engrais à acquérir.

Dans certains cas, plutôt que d'effectuer un plan de fumure exact, il peut être plus pratique de réaliser un bilan des éléments fertilisants au niveau de l'exploitation (des directives peuvent être obtenues auprès des services de vulgarisation et voir aussi les tabl. 28 à 33). Dans ce cas, il faut être conscient que le bilan ne fournit que des valeurs approximatives par rapport aux conditions particulières de l'exploitation.

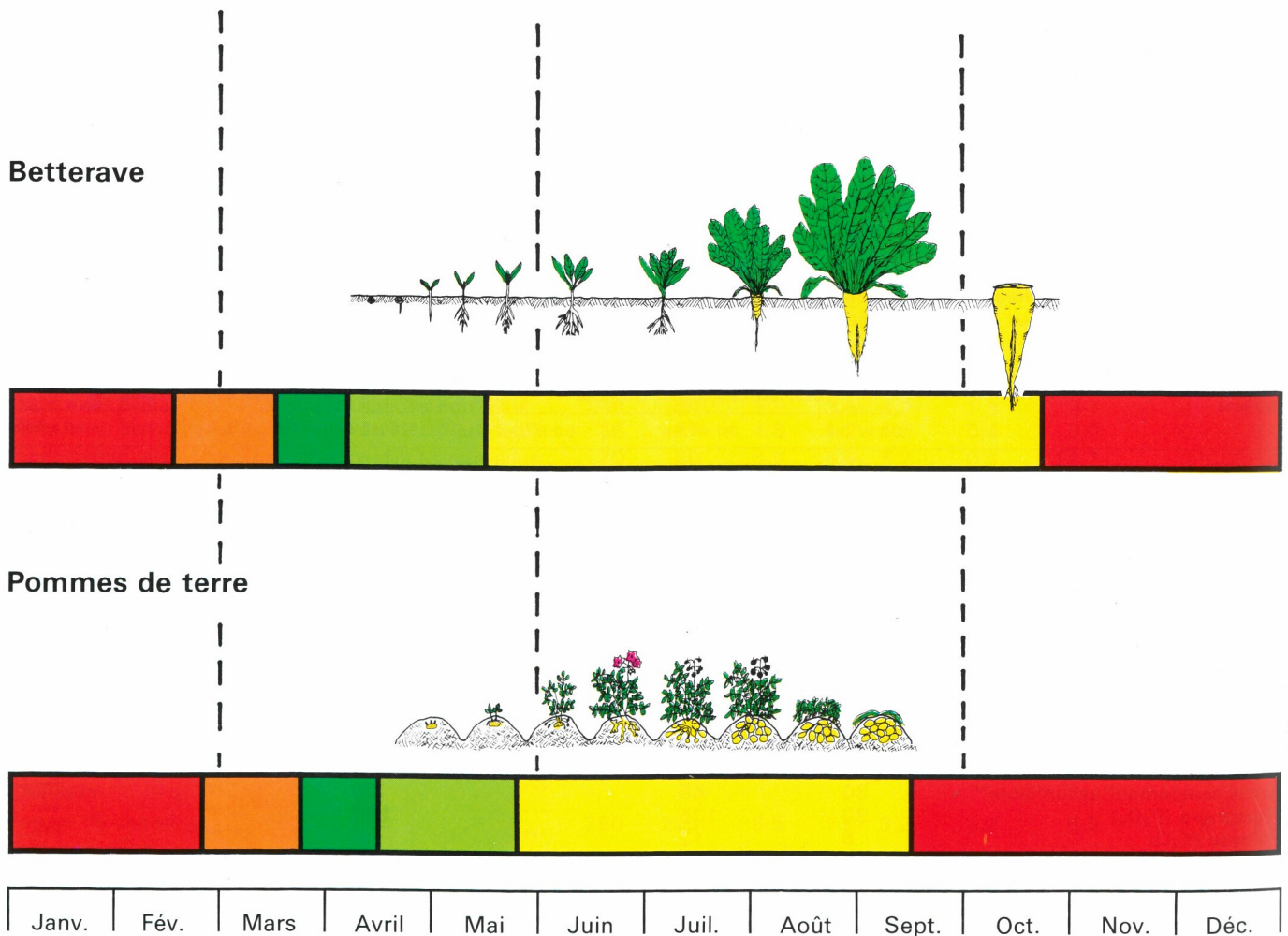
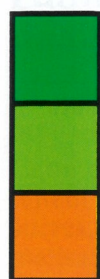


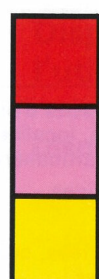
Fig. 3. Possibilités d'épandage des boues d'épuration et du purin, sur un sol absorbant, en fonction du développement des cultures.

Epoques où l'épandage peut être conseillé

Epoques où l'épandage est déconseillé



Optimale et maximum d'efficacité
 Optimale mais techniquement plus difficile
 Possible mais effet de l'azote incertain



Très dangereux pour l'environnement
 Lessivage de l'azote
 Faiblement dangereux pour l'environnement
 Impossible pour des raisons techniques

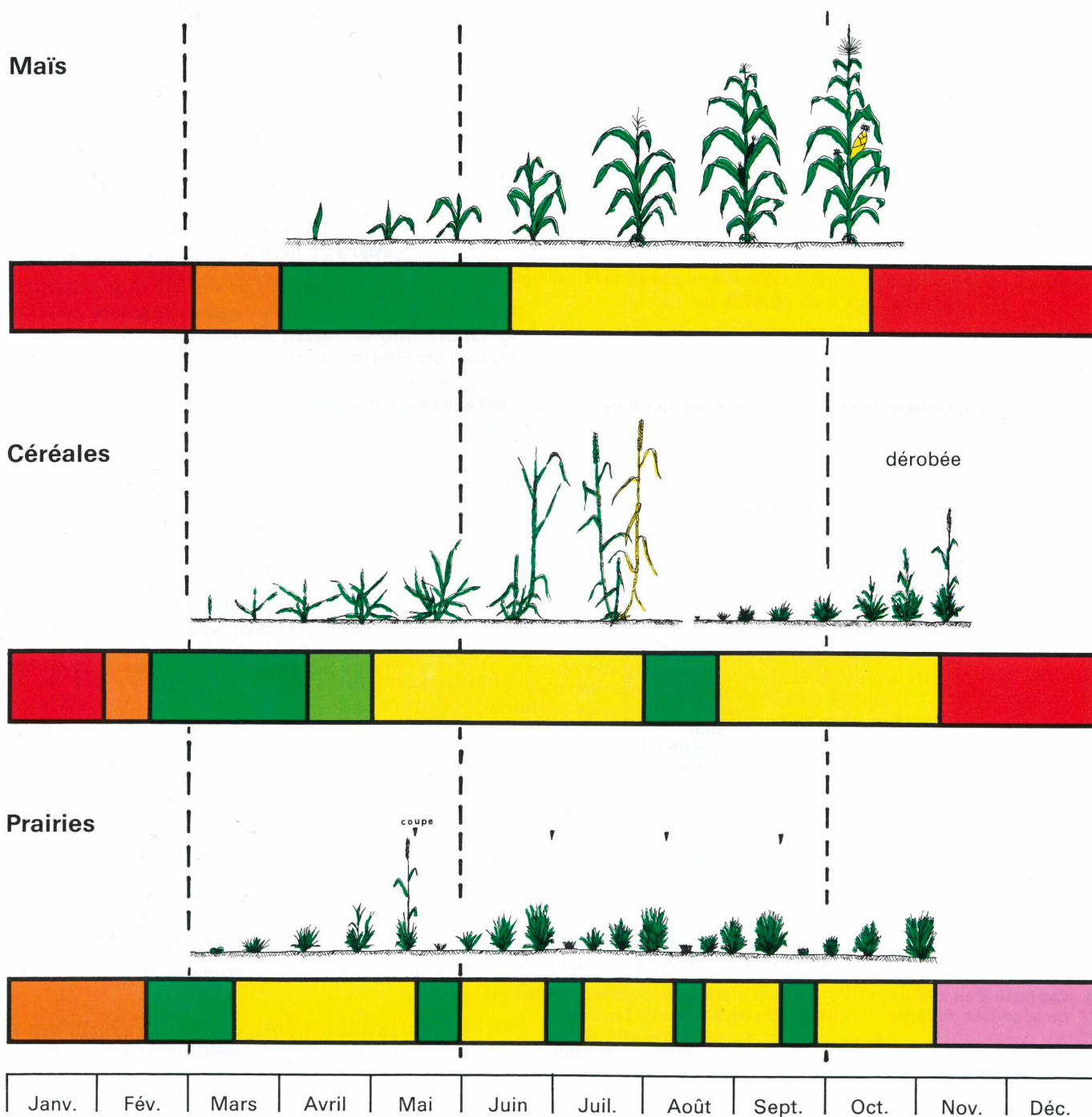


Fig. 3. Possibilités d'épandage des boues d'épuration et du purin, sur un sol absorbant, en fonction du développement des cultures.

Tableau 24. Estimation des risques provenant des écoulements superficiels causés par l'utilisation d'engrais.

| | Critères | Mesures à prendre pour empêcher l'écoulement superficiel ou pour éviter la surcharge du sol en engrais organiques liquides (purin, boues d'épuration) |
|--|---|---|
| 1. Intensité des épandages et des précipitations | a) épandages excessifs d'engrais fortement dilués, localisés sur des zones particulières | Épandre uniformément les engrais liquides |
| | b) fortes précipitations | Ne pas épandre d'engrais organiques liquides |
| 2. Conditions d'infiltration | a) sol non cultivé : – surfaces croûtées, colmatées ou, surtout, gelées – sol meuble, ressuyé, à surface rugueuse | Ne pas épandre d'engrais liquides sur des surfaces en cet état Épandage possible (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| | b) sol cultivé : – surface de sol gelée ou recouverte d'une épaisse couche de neige – surface du sol à infiltration limitée | Ne pas épandre d'engrais sur des surfaces en cet état Ne supporte qu'une charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) Supporte des charges normales (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| | – surface du sol à infiltration non limitée | Supporte des charges normales (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| | c) Coteaux avec pente de 10 à 25 % : – végétation dense (par exemple prairies) | Supporte des charges normales (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| 3. Conditions topographiques | b) Coteaux avec pente de 26-45 % : – végétation dense | Ne supporte que les charges réduites (jusqu'à 40 m ³ /ha) Charges très réduites à nulles (jusqu'à 25 m ³ /ha) |
| | – non cultivé | Charges très réduites à nulles (jusqu'à 25 m ³ /ha) |
| | c) Coteaux en pente raide supérieure à 45 % | Au-delà de 45 % de pente épandage exclu |

Tableau 25. Evaluation de la capacité de filtration du sol en vue de l'épandage d'engrais organiques liquides.

| | Critères | Mesures à prendre afin d'éviter des pertes par percolation, respectivement capacité de charge du sol en engrais organiques liquides |
|---|---|---|
| 1. Etat de porosité de la couche filtrante | a) Répartition et forme des pores : – grande perméabilité, pores grossiers, sols crevassés fortement rétractiles, drainages artificiels, y compris fossés – perméabilité limitée, pores très fins, sols s'engorgeant facilement | Charge très réduite à nulle (jusqu'à 25 m ³ /ha) Charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) |
| | b) Pouvoir de rétention des pores : – sans capacité d'absorption, percolant à saturation d'eau, absorption de liquide inférieure à 3 mm – à capacité d'absorption normale, absorption de liquide 3-5 mm – bonne capacité d'absorption, absorption de liquide supérieure à 5 mm | Charge très réduite à nulle (jusqu'à 25 m ³ /ha) Charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) Charge normale (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| | a) couche physiologique insuffisante à réduite (inférieur à 30 cm) | Charge très réduite à nulle (jusqu'à 25 m ³ /ha) |
| | b) couche physiologique suffisante (30-50 cm) | Charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) |
| 2. Epaisseur de la couche filtrante | c) couche physiologique bonne à très bonne (supérieur à 50 cm) | Charge normale (jusqu'à 60 m ³ /ha) |
| | a) sol à capacité d'absorption réduite (sable pauvre en humus) : – sur fond très perméable – sur fond peu perméable | Charge très réduite à nulle (jusqu'à 25 m ³ /ha) Charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) |
| 3. Capacité d'absorption de la couche filtrante | b) sol à grande capacité d'absorption (sols humifères et argileux) : – sur fond très perméable – sur fond peu perméable | Charge réduite (jusqu'à 40 m ³ /ha) Charge normale (jusqu'à 60 m ³ /ha) |

Fumure et qualité des produits récoltés

La qualité d'un produit récolté comporte de nombreux aspects dont la qualité intrinsèque.

Cette dernière est caractérisée principalement par la teneur du produit en certaines substances (protéines, sucres, vitamines, éléments minéraux, etc.). L'optimisation de la fertilisation vise aussi à une optimisation de la qualité. Une fertilité trop élevée ou trop basse engendre souvent une augmentation ou une diminution des teneurs dans le produit récolté. Nous pouvons citer comme exemple classique l'augmentation de la teneur en protéine des céréales provoquée par des apports d'azote tardifs à l'épiaison, ou une réduction de la teneur en sucre des betteraves liée à une trop grande quantité d'azote disponible.

Fumure et environnement

La pollution des eaux par les phosphates et nitrates d'origine agricole relève de très nombreux facteurs : activité biologique des sols, érosion, ruissellement, relief, couverture végétale, nature et importance des fumures, période d'application. Le problème doit être traité dans son ensemble. Par des techniques culturales appropriées et une bonne maîtrise des fumures, la pollution peut être réduite à un minimum, même en culture intensive. Une fertilisation adaptée aux besoins des plantes correspond aussi aux exigences de la protection de l'environnement.

Pour diminuer les risques d'eutrophisation des eaux, il convient de respecter les règles suivantes :

- éviter la jachère pendant la période de végétation et si possible aussi pendant l'hiver ;
- adopter de préférence des techniques de travail du sol laissant en surface les déchets de récolte afin de réduire les risques d'érosion ;
- éviter une charge en bétail excessive par rapport à la surface agricole utile (tabl. 26) ;
- disposer d'une capacité de stockage suffisante pour le purin (tabl. 30) ;
- tenir compte du relief et des caractéristiques pédologiques des sols lors de l'épandage d'engrais de ferme ou de déchets liquides (tabl. 24 et 26) ;
- renoncer absolument à tout épandage d'engrais sur sols gelés, enneigés ou gorgés d'eau ;
- apporter les engrais azotés en fonction des possibilités d'absorption par la culture et, si nécessaire, fractionner les apports.

Dispositions légales concernant l'utilisation des engrais

Dispositions générales

Loi sur la protection des eaux du 8 octobre 1971.

- Devoir général de diligence pour éviter la pollution (art. 13)
- Interdiction de déversement de matières polluantes (art. 14)

Ordonnance sur le déversement des eaux usées du 8 décembre 1975

- Interdiction de déverser les résidus d'élevages (y compris les jus de silo) (art. 14)

Restrictions d'utilisation

Règlement de livraison du lait du 18 octobre 1971

- Obligation d'éviter une fumure excessive (art. 5 a)
- Interdiction d'épandage d'engrais sur le fourrage en période de croissance (art. 6 a)

Ordonnance sur les boues d'épuration du 8 avril 1981

- Limitation des épandages à l'équivalent de 7,5 t/ha de MS par période de 3 ans (art. 11.1)
- Interdiction d'épandre des boues non hygiénisées sur les surfaces fourragères (art. 11.3)

Ordonnance sur les substances dangereuses pour l'environnement du 9 juin 1986 (annexe 4.5)

- Obligation d'épandre uniformément les engrais en fonction des besoins des cultures
- Interdiction des engrais azotés ou du purin sur sol nu, sauf si l'épandage précède immédiatement le semis ou la plantation
- Obligation d'utiliser en priorité les engrais de ferme de l'exploitation
- Interdiction d'épandre des engrais :
 - dans les réserves naturelles (sauf dérogation prévue dans le statut de la réserve)
 - dans les roselières et les marais
 - dans les haies et les bosquets
 - à proximité des eaux de surface
 - dans les zones de captages d'eaux souterraines (zone S1)
- Pour les exploitations qui ne disposent pas de la SAU suffisante pour épandre leurs engrais de ferme, obligation de conclure des contrats de prise en charge pour les excédents.

Ordonnance sur la protection des forêts du 16 octobre 1956

- Interdiction d'utiliser des engrais dans les forêts et en lisière des forêts (art. 4 a.4)

Ordonnance sur les contributions à l'exploitation agricole du sol du 16 juin 1980

- Les contributions au titre de « terrains secs » qui méritent d'être protégés sont soumises à diverses conditions. En particulier : « La végétation caractéristique de l'endroit ne doit pas être endommagée par l'application d'engrais... » (art. 7.4)

Tableau 26. Charge limite en bétail en fonction du mode d'utilisation du sol pour la production végétale.

| Mode d'utilisation (en relation avec les conditions de sol et de climat) | en UGBF*/ha |
|---|-------------|
| 1. <i>Prairies naturelles et artificielles jusqu'à 700 m d'altitude</i> | |
| a) 5 à 6 utilisations | 3,0 |
| b) 4 à 5 utilisations | 2,5 |
| 2. <i>Prairies naturelles et artificielles de 700 à 900 m d'altitude</i> | |
| a) 4 à 5 utilisations | 2,5 |
| b) 3 à 4 utilisations | 2,0 |
| 3. <i>Prairies naturelles au-dessus de 900 m d'altitude</i> | |
| a) 2 à 3 utilisations | 1,5 |
| b) 1 à 2 utilisations | 1,0 |
| 4. <i>Terres ouvertes</i> | |
| a) rotation avec dominance de pomme de terre, betterave et maïs | 2,5 |
| b) rotation avec dominance de céréales et colza | 1,5 |

* 1 UGBF (= Unité de gros bétail-fumure) correspond à la production annuelle d'éléments fertilisants d'une vache de 600 kg. Pour convertir à partir d'autres espèces d'animaux, les indices de conversion se trouvent au tableau 27.

Tableau 27. Table de conversion des différentes espèces et catégories de bétail (UGB, PPE, PP) en unités de gros bétail-fumure (UGBF).

| | UGB | UGBI |
|--|------|------|
| Bovin | | |
| 1 vache laitière et génisse à terme | 1,0 | 1,0 |
| 1 veau d'élevage de 0 à 1 an | 0,25 | 0,25 |
| 1 génisse d'élevage de 1 à 2 ans | 0,4 | 0,4 |
| 1 génisse d'élevage de 2 à 3 ans | 0,7 | 0,7 |
| 1 veau à l'engrais jusqu'à 150 kg | 0,3 | 0,3 |
| 1 bovin à l'engrais (120-520 kg) | 0,4 | 0,4 |
| 1 bovin à l'engrais (120-320 kg) | 0,35 | 0,35 |
| 1 bovin à l'engrais (320-520 kg) | 0,45 | 0,45 |
| Porcins | | |
| | PPE | UGBF |
| 1 place de porc à l'engrais (20-110 kg) | 1,0 | 0,17 |
| 1 place de porc à l'engrais (20-65 kg) | 0,8 | 0,14 |
| 1 place de porc à l'engrais (65-110 kg) | 1,2 | 0,20 |
| 1 place de porc à l'engrais (15-40 kg) | 0,5 | 0,08 |
| 1 place de porc d'élevage (jusqu'à 120 kg) | 1,0 | 0,17 |
| 1 place truie de plus de 120 kg, y compris porcelets | 2,3 | 0,39 |
| Volaille | | |
| | PP | UGBF |
| 100 places poules | 100 | 1 |
| 100 places poulets à l'engrais | 40 | 0,4 |
| 100 places jeunes poulets | 40 | 0,4 |

Par place on comprend la production d'engrais d'un animal durant une année.

Tableau 28. Prélèvements en éléments fertilisants des principales cultures.

| Culture | Unité de rendement en dt | Teneur en MS (%) | Prélèvement par unité de rendement (kg) | | | | |
|---|--------------------------|------------------|---|-------------------------------|------------------|---------|---------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Mg | Ca |
| Prairies permanentes (4-6 utilisations) | 10 | 100 | 20-28 | 7-10 | 30-40 | 2-3 | 10-15 |
| Prairies permanentes (1-3 utilisations) | 10 | 100 | 16-24 | 7-10 | 25-40 | 2,5-3,5 | 12-18 |
| Mélange graminée et trèfle blanc | 10 | 100 | 24-32 | 6-9 | 30-40 | 1,8-2,5 | 4-8 |
| Ray-grass ital. avec trèfle violet | 10 | 100 | 30-35 | 8-11 | 25-40 | 3-4 | 15-25 |
| Trèfle violet ou luzerne avec graminées | 10 | 100 | 24-32 | 8-11 | 30-40 | 2-3 | 10-15 |
| Blé, triticale | 10 grain | 85 | 18-26 | 8-10 | 4-6 | 1-1,5 | 0,4-0,6 |
| | 10 paille | 85 | 5-10 | 2-3 | 10-15 | 0,5-1 | 2-2,5 |
| Orge | 10 grain | 85 | 15-22 | 8-10 | 5-7 | 1-1,5 | 0,3-0,6 |
| | 10 paille | 85 | 5-10 | 2-3 | 15-20 | 0,4-1 | 2,2-2,8 |
| Avoine | 10 grain | 85 | 15-22 | 7-9 | 4-6 | 0,8-1,3 | 0,8-1,2 |
| | 10 paille | 85 | 5-10 | 2-3 | 20-25 | 0,5-1 | 2,5-3,5 |
| Seigle/Epeautre | 10 grain | 85 | 14-20 | 7-9 | 4-6 | 0,8-1,3 | 0,4-0,6 |
| | 10 paille | 85 | 5-10 | 2-3 | 10-15 | 0,4-1 | 1,5-2 |
| Colza | 10 grain | 90 | 30-40 | 18-23 | 10-12 | 2,5-4 | 3-5 |
| | 10 paille | 86 | 5-10 | 3-4 | 14-18 | 1-2 | 12-16 |
| Pomme de terre | 100 tubercules | 22 | 30-40 | 13-18 | 50-65 | 2,5-5 | 4-6 |
| | 25 feuilles | 50 | 20-30 | 6-10 | 12-18 | 1,5-3 | 12-18 |
| Betterave sucrière | 100 racines | 22 | 15-20 | 6-10 | 25-35 | 2,5-4 | 5-8 |
| | 100 feuilles | 15 | 25-40 | 6-10 | 40-60 | 6-9 | 12-18 |
| Betterave fourragère | 10 racines | 100 | 9-13 | 4-6 | 15-22 | 1,2-2 | 2,5-4 |
| | 100 feuilles | 15 | 25-40 | 7-10 | 55-75 | 4,5-7 | 9-13 |
| Maïs silo | 10 | 100 | 14-18 | 5-7 | 14-18 | 1,5-2,5 | 3,5-5 |
| Maïs grain | 10 grain | 85 | 12-18 | 6-9 | 4-6 | 1-1,5 | 0,4-0,7 |
| | 10 paille | 85 | 6-12 | 3-4 | 15-22 | 1,5-2 | 3,5-6 |
| | 10 rafle | 85 | 1-1,5 | 0,2-0,4 | 3-5 | 0,4-0,6 | 0,6-1 |
| Maïs en vert | 10 | 100 | 15-20 | 7-10 | 23-30 | 2,5-4 | 6-9 |
| Féverole | 10 grain | 85 | 35-45 | 12-15 | 12-15 | 2-3 | 16-22 |
| | 10 paille | 85 | 25-35 | 3-4 | 18-22 | 2,5-4 | 7-11 |
| Pois conserve | 10 grain (y c. paille) | 18 | 35-45 | 10-12 | 20-25 | 3-5 | 15-20 |
| Pois protéagineux | 10 grain (y c. paille) | 18 | 35-45 | 12-15 | 20-25 | 3-5 | 15-20 |
| Tabac | 10 feuilles (avec tige) | 100 | 50-60 | 14-18 | 80-100 | 4-6 | 40-55 |

Tableau 29. Production annuelle d'engrais de ferme des différentes espèces animales en fonction du système de stabulation.

| Genre d'animaux/système de stabulation | Litière kg paille par jour | Production annuelle d'engrais de ferme ¹ | | | |
|---|----------------------------------|---|----------|--|------------------|
| | | Fumier en tonnes | | Purin non dilué, en m ³ | |
| | | Genre | Quantité | Genre | Quantité |
| | /UGB | | /UGB | | /UGB |
| Bovins (par UGB)** | | | | | |
| Couche courte (crèche basse) | | | | | |
| – avec grille | 0-0,5 | – | – | complet (lisier) | 17 |
| – étable d'alpage sans litière | – | – | – | complet (lisier) | 17 |
| – avec plate-forme à fumier (purin avec peu de fumier) | 0,5-1,5 | en tas | 3 | complet | 14 |
| – avec plate-forme à fumier (production de fumier et purin) | 1-2 | en tas | 5 | avec teneur modérée en excr. solides | 11 |
| Couche moyenne (généralement avec cornadis) | | | | | |
| – avec rigole, sans fente longitudinale | 2-3 | en tas | 6 | avec teneur modérée en excr. solides | 11 |
| – avec rigole, avec fente longitudinale | 3-5 | en tas | 8 | avec peu excr. solides | 6 |
| Stabulation libre | | | | | |
| – litière profonde, toute la surface | 8-10 | de stabulation libre | 15 | – | – |
| – litière profonde, avec emplacement bétonné | 7-10 | de stabulation libre | 10 | complet (lisier) | 6 |
| – à caillebotis | – | – | – | complet (lisier) | 17 |
| – à logettes | 0-0,5 | – | – | complet (lisier) | 17 |
| Porcs (par PPE)*** | | | | | |
| – caillebotis intégral ou partiel | – | – | – | complet avec peu d'eau d'abreuvement avec teneur modérée en excr. solides | 2,3 ² |
| – étable avec litière et rigole à excréments | 0,2 | en tas | 0,7 | – | 1,1 |
| – stabulation libre à litière profonde | 0,5 | de stabulation libre | 1,4 | – | – |
| Volaille (par PP)**** | | | | | |
| – garde en cages | – | frais – 22% MS | 6,3 | – | – |
| – garde avec litière profonde | copeaux | 76% MS | 2,5 | – | – ³ |
| Chevaux (par UGB)** | | | | | |
| – stabulation libre à litière profonde | 5-6 | de stabulation libre | 10 | – | – |
| – écurie en long avec litière | 3-4 | en tas | 7 | d'urine | 3 |
| Moutons-chèvres***** (place de brebis-mère ou de chèvre) | | | | | |
| – stabulation libre à litière profonde | 0,4 | de stabulation libre | 2 | – | – |

* Déduction pour une semaine de pâture (8-10 h./jour) env. 1% de la production annuelle.

** 1 unité gros bétail (UGB = une vache laitière de Gooky). 1 cheval = 0,8 UGB.

*** 1 place de porc à l'engrais (PPE) = 2,3 périodes d'engraissement par année (de porcelet à porc gras).

1 place de porc à l'engrais (PPE) = 0,43 place de porc d'élevage.

**** 1 place de poule (PP) = 1 poule pondeuse.

***** 1 place de brebis mère = 0,16 UGBF / 1 place chèvre laitière = 0,2 UGBF.

¹ Quantités relativement plus faibles lorsque l'étable n'est pas constamment occupée (pâture, alpage).

² Si l'affouragement liquide avec relation EAU : SUBSTANCE SÈCHE est $\geq 3,5 : 1 \rightarrow$ compter avec 3,2 m³.

³ Pour le captage des eaux de nettoyage de la halle à volaille, compter environ 0,4 m³ de fosse/100 PP.

Tableau 30. Valeurs indicatives pour la capacité minimale de stockage de purin.

| Type d'exploitation | Altitude en mètres | Capacité de stockage en mois |
|--|--------------------|------------------------------|
| a) Exploitation herbagère et exploitation mixte cultures et herbages | en dessous de 500 | 3,0-4,0 |
| | de 500 à 900 | 3,5-5,0 |
| | de 900 à 1200 | 4,0-6,0 |
| | au-dessus de 1200 | 4,5-7,0 |
| b) Exploitation sans herbage - principalement céréales et sarclées - plus 90% de la surface agricole utile en maïs | | 4,0-6,0 |
| | | 6,0-8,0 |

Tableau 31. Valeurs indicatives pour calculer les eaux usées déversées dans la fosse à purin.

| Genre d'eau usée | m ³ par année |
|---|--------------------------|
| - Eau pour le nettoyage de l'étable et les soins aux animaux (par UGB) | 0,6 |
| - Eau pour l'enlèvement du fumier par lavage avec poussoir (par UGB) | 1,8* |
| - Eau pour le nettoyage de l'étable et les soins aux animaux (par PPE) | 0,4 |
| - Eau pour la préparation de purin de volaille (par 100 PP) | 5 |
| - Eau d'écoulement de la plate-forme à fumier, écoulement des parcours en dur mais non couverts (par m ²) | 1 |
| - Refroidisseur par ruissellement pour les boilles à lait (par vache) | 17 |
| - Nettoyage de: | |
| la chambre à lait | 12 |
| la citerne de refroidissement | 12 |
| la machine à traire | 48 |
| l'installation de traite directe | 72 |
| la salle de traite et l'installation de traite directe | 120 |
| - Eaux usées du ménage (par habitant) | |
| - avec machine à laver et bain/douche, WC à chasse d'eau | 36 |
| - avec installations sanitaires simples | 24 |
| - cas particuliers (utilisations régulières de quantités sensiblement plus faibles d'eaux) | 18 |

* Pour le fumier enlevé avec une lame, cette production d'eau usée tombe.

Tableau 32. Production annuelle de matière organique et d'éléments nutritifs d'un bovin, d'un porc et de 100 poules. Exprimé en kg (sans litière).

| Matière organique et éléments nutritifs | Bovin 1 UGB | Porc à l'engrais 1 PPE | 100 places poules 100 PP |
|---|----------------|------------------------------|--------------------------------|
| Matière organique | 1670 | 140,0 | 1070 |
| N total | 85 | 12,0 | 90 |
| N rapidement assimilable | 55 | 8,0 | 60 |
| P ₂ O ₅ | 34 | 7,5* | 60 |
| K ₂ O | 120 | 5,0** | 40 |
| Ca | 45 | 4,6 | 95 |
| Mg | 12 | 1,4 | 10 |

* Variation de 4,6 à 9,0 (les aliments riches en phosphore donnent des valeurs élevées, l'engraissement avec pommes de terre donne des valeurs basses).

** Variation jusqu'à 12,0 (une ration riche en pommes de terre donne des valeurs élevées).

Tableau 33. Teneurs moyennes pondérées et valeurs extrêmes des boues d'épuration.

| Substance | Moyenne pondérée | Minimum-maximum |
|--|------------------|-----------------|
| Matière sèche (MS) en % | 6,4 | 1,5-15,5 |
| Perte au feu (% de la MS) | 42,0 | 12,0-80,0 |
| Azote total (kg/t MS) | 40,0 | 11,0-119,0 |
| Atome ammoniacal (kg/t MS) | 15,6 | 0,3-71,0 |
| Phosphate (kg P ₂ O ₅ /t MS) | 66,0 | 15,0-210,0 |
| Potasse (kg K ₂ O/t MS) | 2,9 | 1,0-6,2 |
| Calcium (kg Ca/t MS) | 69,0 | 19,0-163,0 |
| Magnésium (kg Mg/t MS) | 7,0 | 1,7-17,0 |

Liste restreinte des engrais 1988

(selon les exigences du *Livre des engrais*)

Avec la composition de quelques amendements organiques naturels

La **Liste restreinte des engrais** est l'outil de travail indispensable de toutes les personnes qui réalisent des plans de fumure, que ce soit dans le cadre de l'enseignement, au sein de la vulgarisation ou dans la pratique agricole de Suisse romande.

Cette publication présente les **engrais minéraux et organiques les plus utilisés avec leurs teneurs en éléments fertilisants** et, dans la plupart des cas, la forme de ces éléments. Pour les engrais soumis à déclaration, le nom des firmes commercialisant ces engrais est mentionné. Enfin, un chapitre de la liste est réservé aux engrais liquides dont les teneurs sont exprimées en g/litre.

Pour faciliter la tâche de l'utilisateur, les engrais sont classés par dose croissante des éléments et selon l'équilibre entre N, P₂O₅ et K₂O. A part les grands services qu'elle fournit aux utilisateurs, la liste des engrais a aussi pour but de contribuer à apporter plus de clarté sur le marché. Elle **facilite la pratique d'une fumure dirigée** en permettant le choix de l'engrais le mieux adapté aux caractéristiques du sol, aux exigences de la culture et aux conditions climatiques.

La nouvelle **Liste restreinte des engrais 1988** peut être obtenue, dès janvier 1988, auprès de :

Sol-Conseil
Case postale 188
1260 Nyon
Tél. 022/61 54 51